



⑬ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑩ DE 195 21 531 A 1

⑤① Int. Cl. 6:
G 01 B 7/02
G 01 L 5/10
G 01 D 5/20
B 62 D 5/04
G 01 R 27/26

DE 195 21 531 A 1

②① Aktenzeichen: 195 21 531.1
②② Anmeldetag: 13. 6. 95
②③ Offenlegungstag: 14. 12. 95

③① Unionspriorität: ③② ③③ ③①
13.06.94 JP 6-130363 13.06.94 JP 6-130539

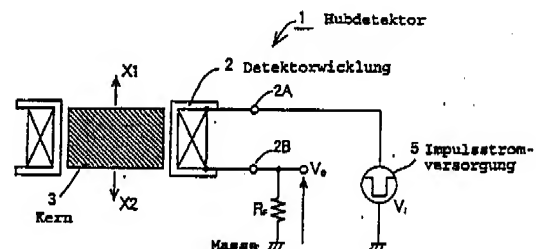
⑦① Anmelder:
Honda Giken Kogyo K.K., Tokio/Tokyo, JP

⑦④ Vertreter:
H. Weickmann und Kollegen, 81679 München

⑦② Erfinder:
Kawagoe, Hiroyuki, Wako, Saitama, JP; Ozawa,
Akira, Wako, Saitama, JP; Ohta, Susumu, Wako,
Saitama, JP; Yoshida, Junichi, Wako, Saitama, JP

⑤④ Hubdetektor und diesen verwendender Lenkdrehmomentsensor

⑤⑦ Ein Hubsensor (1) ermöglicht eine genaue Erfassung einer Hubgröße eines Kerns (3). Der Hubdetektor umfaßt einen verschiebbaren Kern (3), eine Detektorwicklung (2), dessen Induktion sich in Antwort auf eine Hubgröße ändert, und einen Bezugswiderstand (R_F). Eine Übergangsansprechspannung bei Anlegen einer Impulsspannung an die Induktivität und den Bezugswiderstand wird erfaßt, um den Absolutwert der Induktion erfassen zu können, und hierdurch wird die Änderung der Induktion, die der Hubgröße entspricht, unabhängig vom Spitzenwert oder der Frequenz der Impulsspannung erfaßt.
Ein Drehmomentsensor für ein elektrisch betriebenes Lenkservosystem enthält einen solchen Hubdetektor, dessen Kern aus nicht magnetischem Metallmaterial gebildet ist. Der Drehmomentsensor hat eine einfache Struktur und erlaubt eine empfindliche Erfassung einer Hubgröße des Lenkdrehmoments.



DE 195 21 531 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 10. 95 508 050/520

30/33

Patent provided by Sughrue Mion, PLLC - <http://www.sughrue.com>

Die Erfindung betrifft einen Hubdetektor zum Erfassen eines Hubs auf Basis einer Änderung der Induktion einer Erfassungswicklung und einen den Hubdetektor verwendenden Lenkdrehmomentsensor. Insbesondere wird die Änderung der Induktion als Übergangsansprechspannung oder Einschwingspannung erfaßt.

Unter herkömmlichen Hubdetektoren sind solche bekannt, die einen Hub erfassen, indem sie eine Änderung der Impedanz einer Detektorwicklung in ein elektrisches Signal wandeln.

Herkömmliche Hubdetektoren sind so angeordnet, daß ein Hub erfaßt wird durch Erfassung eines Pegels des Ansprechsignals, falls ein Signal (z. B. ein Sinussignal) von außen an eine Detektorwicklung angelegt wird, deren Kern sich in Antwort auf Verschiebung oder Hub des Zielelements bewegt, um die Impedanz (die Induktion) der Wicklung zu ändern.

Fig. 17 zeigt eine Anordnung eines Hauptteils eines herkömmlichen Hubdetektors, und Fig. 18 zeigt ein eine dem Detektor äquivalente Schaltung.

Wie in Fig. 17 gezeigt, umfaßt der herkömmliche Hubdetektor 91 einen Hubsensor, versehen mit einem Kern 93, der einem Hub (Hubgröße x_1, x_2) ausgesetzt ist, und zwei Detektorwicklungen (92A und 92B), die in Hubrichtung symmetrisch angeordnet sind und den Kern 93 umgeben. Eine Wechselstromversorgung V_s ist zwischen Masse GND und einem Knoten angeschlossen, in dem jeweils eine Enden der Erfassungswicklungen 92A und 92B miteinander verbunden sind, und zwei Bezugswiderstände " r_f ", die zwischen Masse GND und jedem der anderen Ende (Anschlüsse D1 und D2) der Wicklungen 92A und 92B angeschlossen sind.

Dieser herkömmliche Hubdetektor 91 von Fig. 17 läßt sich durch eine äquivalente Schaltung oder eine Brückenschaltung darstellen, die Induktionen L1 und L2 und zwei Bezugswiderstände r_f aufweist, jeweils einer an jeder Seite der in Fig. 18 gezeigten Brücke.

In Fig. 18 bezeichnen die Induktionen L1 und L2 diejenigen der Detektorwicklungen 92A und 92B, die sich beispielsweise aus einem Hub x_1 des Kerns 93 ergeben. Die Anordnung ist so, daß die Induktionen L1 und L2 gleiche Werte haben ($L_1 = L_2$) wenn sich der Kern 93 in seiner Neutralstellung befindet.

Wenn eine Wechselspannung (z. B. eine Sinuswelle mit einem Spitzenwert von V_1 und einer Frequenz von " f ") an die äquivalente Schaltung von Fig. 18 angelegt wird, werden Ausgangsspannungen V_{01} und V_{02} aus dem Ausgangsanschluß D1 und D2 in Antwort auf eine Änderung der Impedanz erfaßt. Die Ausgangsspannungen entsprechen folgenden Ausdrücken:

Formel 1

$$V_{01} = r_f \cdot V_1 / \{(r_f)^2 + (2\pi f \cdot L_1)^2\}^{1/2}$$

$$V_{02} = r_f \cdot V_1 / \{(r_f)^2 + (2\pi f \cdot L_2)^2\}^{1/2}$$

Die sich in Antwort auf den Hub (x_1, x_2) des Kerns 93 ergebende Ausgangsspannung V_0 wird aus der Abweichung von V_{01} und V_{02} berechnet, d. h. $V_{01} - V_{02}$.

Die Induktionen L1 und L2 wären ohne jeden Hub des Kerns 93 (bei in der Neutralstellung befindlichem Kern 93) einander gleich ($L_1 = L_2$), und dementsprechend wären die entsprechenden Impedanzen auch einander gleich, so daß man einen Erfassungsausgang V_0 von 0 erhält.

Bei dem herkömmlichen Hubsensor 91 bewirkt ein Hub des Kerns 93 des Hubsensors in Antwort auf Hub

des Zielelements, daß sich die Induktionen L1 und L2 der Detektorwicklungen 92A und 92B ändern und demzufolge sich die Impedanz ändert, so daß die Hubgröße des Zielelements erfaßt werden kann, indem man eine Abweichung V_0 zwischen den Spannungen V_{01} und V_{02} erfaßt.

Jedoch besteht ein Problem darin, daß bei dem herkömmlichen Hubdetektor 91 Änderungen der Impedanz der Detektorwicklungen 92A und 92B nicht wirkungsvoll erfaßt werden können, weil die Erfassung die Änderungen der Impedanzen nutzt, die durch eine Änderung des Magnetflusses verursacht sind, der mit einem Hub (x_1, x_2) des Kerns 93 stattfindet.

Die Impedanz (Z) der Detektorwicklungen 92A und 92B entsprechen, falls sich der Kern 93 in der Neutralstellung befindet, folgendem Ausdruck:

Formel 2:

$$|Z| = \{r^2 + (2\pi f \cdot L)^2\}^{1/2},$$

wobei L die Induktionen der Detektorwicklungen 92A und 92B sind, " r " der Innenwiderstand ist, und " f " die Frequenz der Wechselstromversorgung ist.

Wie in dem Ausdruck (2) ersichtlich, ist die Impedanz gleich der Vektorsumme des Innenwiderstands r und der Reaktanz (induktiver Widerstand) $2\pi f \cdot L$, und, um eine Änderung ΔL der Induktion L mit hoher Präzision zu erfassen, muß man den Innenwiderstand " r " und die Frequenz " f " der Wechselstromversorgungsspannung V_s reduzieren.

Wenn jedoch der Draht zur Bildung der Detektorwicklungen 92A und 92B gewickelt wird, steigt der Innenwiderstand " r ".

Beim Anheben der Frequenz " f " ist es ferner erforderlich, einen Erfassungsausgang durch Magnetisierung der Brückenschaltung vorzusehen, während eine höhere Frequenz " f " zur Folge hat, daß der Leerlaufverlust den Innenwiderstand " r " erhöht.

Bei einem herkömmlichen Hubsensor unter Verwendung einer Brückenschaltung ist somit eine empfindliche Erfassung einer Hubgröße nur schwer möglich, weil eine Änderung der Impedanz aufgrund einer Magnetflußänderung nicht genau erfaßt werden kann.

Ferner bekannt ist ein Lenkdrehmomentsensor, der den oben beschriebenen Hubdetektor nutzt, und für ein elektrisch betriebenes Lenksystem gedacht ist.

Fig. 19 zeigt eine Struktur eines herkömmlichen Lenkdrehmomentsensors.

In dem in Fig. 19 gezeigten Lenkdrehmomentsensor 100 sind eine Eingangswelle 101 und eine Ausgangswelle 102 im Inneren über eine Torsionsstange 103 miteinander gekoppelt, wobei zwei an einem Gehäuse 104 feste Detektorwicklungen 105 und 106 so angeordnet sind, daß sie einen zylindrischen Kern 107 umgeben, der mit den Eingangs- und Ausgangswellen 101 und 102 in Eingriff steht.

Der Hubdetektor 110 ist hauptsächlich aus den zwei Wicklungen 105 und 106 und dem Kern 107 zusammengesetzt.

Wenn ein Drehmoment an die Eingangswelle 101 angelegt wird, verformt sich die Torsionsstange 103 elastisch, was einen relativen Hub in Drehrichtung zwischen den Eingangs- und Ausgangswellen 101 und 102 zur Folge hat.

Ferner ist der Kern 107 um die Eingangs- und Ausgangswellen 101 und 102 so angeordnet, daß er nur in der Axialrichtung beweglich ist, und zwar durch eine Längsführungsnut der Ausgangswelle 102, die mit ei-

nem von dem Kern 107 nach innen vorstehenden Teil in Eingriff steht.

Ein in die Eingangswelle 101 gepreßter Gleitstift 109 ergreift eine Spiralnut 108 des Kerns 107.

Bei dieser Anordnung wird ein Hub oder eine Verschiebung in Drehrichtung zwischen den Eingangs- und Ausgangswellen 101 und 102 in einen Längshub des Kerns 107 gewandelt, was eine Änderung des Magnetflusses um die Detektorwicklungen 105 und 107 bewirkt, so daß sich die Induktion L (L1, L2) der Detektorwicklungen 105 und 106 ändert, die über und unter entlang den Eingangs- und Ausgangswellen angeordnet sind.

Gebildet ist der Kern 107 durch Einsetzen jedes beider Enden des zylindrischen Kerns 107A, der aus einem zylindrischen magnetischen Material (SCM) gebildet ist, in einen Aluminiumring 107B, genannt Leckunterbrechungsring.

Wenn sich der Kern 107 in Antwort auf Hub des Zielelements zu der Eingangswelle 101 bewegt, erhöht sich die Induktion L1 der Detektorwicklung 105, an die sich der Kern 107 annähert, und die Induktion L2 der Detektorwicklung 106, von der sich der Kern 107 entfernt, sinkt. Diese Änderungen der Induktion werden elektrisch abgeleitet, um das Lenkdrehmoment zu erfassen.

Jedoch besteht bei dem herkömmlichen Lenkdrehmomentsensor ein Problem darin, daß die Struktur kompliziert ist, weil der Kern 107 des Hubdetektors 110 einen Kern 107A aus SMC-Material und zwei Aluminiumringe 107B aufweist.

Wenn im Hinblick hierauf der Kern 107 nur mit einem SMC-Kern 107A allein aufgebaut ist, und hierdurch die Struktur vereinfacht ist, leckt der Magnetfluß zu anderen magnetischen Substanzen als dem Kern 107A, so daß die Änderung in Antwort auf Hub des Kerns 107A sinkt. Dies wiederum ergibt eine kleine Änderung der Induktion L (L2, L2), was eine geringere Empfindlichkeit der Huberfassung zur Folge hat.

Ein weiteres Problem besteht darin, daß sich die Sensorcharakteristiken von Sensor zu Sensor ändern, weil bei der Maschinenbearbeitung eine magnetische Verzerrung stattfindet, wenn magnetisches Metallmaterial aus SMC-Material zu einem Kern 107A geformt wird.

Ziel der Erfindung ist es, einen Hubdetektor zum Erfassen eines Hubs auf Basis einer Änderung der Induktion einer Detektorwicklung anzugeben. Der Hubdetektor umfaßt einen verschiebbaren Kern, eine Detektorwicklung, deren Induktion sich in Antwort auf eine Hubgröße des Kerns ändert, und einen Bezugswiderstand. Er ermöglicht eine genaue Erfassung einer Hubgröße des Kerns durch Erfassen einer Übergangsansprechspannung oder Einschwingspannung, falls eine Impulsspannung an die Induktion und den Bezugswiderstand angelegt wird, um eine Erfassung des Absolutwerts der Induktion zu ermöglichen und hierdurch die Erfassung der Änderung der Induktion, die der Hubgröße entspricht, und zwar unabhängig vom Spitzenwert oder der Frequenz der Impulsspannung.

Ein weiteres Ziel der Erfindung ist es, einen Hubdetektor anzugeben, versehen mit einem verschiebbaren Kern, zwei Detektorwicklungen, deren Induktionen sich in Antwort auf eine Hubgröße ändern, zwei Bezugswiderständen und einem Abweichspannungserfassungsmittel, wobei die zwei Detektorwicklungen und die zwei Bezugswiderstände eine Brückenschaltung bilden, wobei eine Impulsstromversorgung an die Brückenschaltung angelegt wird, um eine von der Brückenschaltung ausgegebene Übergangsansprechspannung zu erfassen;

und wobei unterschiedliche Änderungen der Induktionen, die einer Hubgröße des Kerns entsprechen, durch Erfassung einer Abweichspannung der Übergangsansprechspannung mittels des Abweichspannungserfassungsmittels erfaßt werden, so daß die Hubgröße des Kerns mit hoher Präzision erfaßt werden kann.

Ein weiteres Ziel der Erfindung ist es, einen Hubdetektor anzugeben, versehen mit einem Abweichspannungserfassungsmittel, das ein Betriebsmittel maximaler Abweichspannung zum Erfassen des Maximalwerts der Abweichungen der Übergangsansprechspannungen aufweist, und mit einem Hubgrößenwandlernittel zum Wandeln der maximalen Abweichspannung aus dem Betriebsmittel maximaler Abweichspannung in eine Hubgröße, wobei die Hubgröße des Kerns mit hoher Präzision erfaßt werden kann, weil die Hublänge als eine große Spannung erfaßt wird.

Ein weiteres Ziel der Erfindung ist es, einen Hubdetektor anzugeben, versehen mit einem Abweichspannungserfassungsmittel, das ein Erfassungsmittel maximaler fallender Abweichspannung aufweist, ein Erfassungsmittel maximaler ansteigender Abweichspannung, ein Abweichungsausgabemittel und ein Hubgrößenwandlernittel, wobei der Maximalwert der Abweichungen zwischen den zwei Wegen der Übergangsansprechspannungen während jeder Impulsperiode eines fallenden und eines ansteigenden Impulses erfaßt wird; die Abweichung des Maximalwerts für jede Impulsperiode erfaßt und in eine Hubgröße gewandelt wird; die Hubgröße wird als eine größere Spannung erfaßt, so daß die Hubgröße des Kerns mit hoher Präzision erfaßt werden kann.

Ein weiteres Ziel der Erfindung ist es, einen Lenkdrehmomentsensor für ein elektrisch betriebenes Lenkservosystem anzugeben, der die Struktur vereinfacht, weil der Kern des Hubdetektors aus einer einzelnen Komponente aus nicht magnetischem Metallmaterial gebildet ist und der eine Hubgröße des Lenkdrehmoments präzise erfassen kann.

Ein weiteres Ziel der Erfindung ist es, einen Lenkdrehmomentsensor für ein elektrisch angetriebenes Lenksystem anzugeben, mit dem es möglich ist, eine Änderung der Kennung des Sensors zu reduzieren, die bei der maschinenmäßigen Herstellung auftritt, wenn magnetisches Metallmaterial zum Kern geformt wird, weil der Kern des Hubdetektors aus einem einzigen Bauteil aus nicht magnetischem Metallmaterial gebildet ist.

Gemäß einem Aspekt der Erfindung wird ein Hubdetektor realisiert, der eine Hubgröße des Zielelements genau und empfindlich erfassen kann, weil durch Anlegen einer Impulsstromversorgung an eine Schaltung, in der die Induktivität einer Detektorwicklung und ein Bezugswiderstand seriell verbunden sind, der Absolutwert der Induktion unabhängig vom Spitzenwert oder der Frequenz der Impulsstromversorgung erfaßt wird.

Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird ein Drehmomentsensor für ein elektrisch betriebenes Lenkservosystem realisiert, das einfach aufgebaut ist und trotzdem eine empfindliche Erfassung der Hubgröße aufgrund eines Lenkdrehmoments ermöglicht.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen unter Hinweis auf die beigelegten Zeichnungen beschrieben.

Fig. 1 ist ein Diagramm einer Basisstruktur einer ersten Ausführung eines Hubdetektors;

Fig. 2 ist ein äquivalentes Schalt diagramm des in Fig. 1 gezeigten Hubdetektors;

Fig. 3 zeigt im Diagramm eine Wellenform eines Beispiels einer Übergangsansprechspannung der äquivalenten Schaltung von Fig. 2;

Fig. 4 ist ein Diagramm einer Basisstruktur einer zweiten Ausführung eines Hubdetektors;

Fig. 5 ist ein Diagramm mit Darstellung einer Brückenschaltung, die Detektorwicklungen und Bezugswiderstände aufweist;

Fig. 6 ist ein Diagramm mit Darstellung einer Struktur einer Ausführung eines Hubsensors eines Detektors;

Fig. 7 ist ein Diagramm mit Darstellung von Übergangsansprechspannungsformen für den Fall, daß die Tastzyklen der fallenden und ansteigenden Wellenformen von Fig. 5 einander gleich sind;

Fig. 8 ist ein Diagramm mit Darstellung von Übergangsansprechspannungsformen für den Fall, daß die Tastzyklen der fallenden und steigenden Wellenformen von Fig. 5 unterschiedlich sind;

Fig. 9 ist ein Blockdiagramm mit Darstellung der Gesamtstruktur eines Hubdetektors mit einem Abweichungserfassungsmittel;

Fig. 10 ist ein Blockdiagramm einer Hauptstruktur einer ersten Ausführung eines Abweichungserfassungsmittels für einen Hubdetektor;

Fig. 11 ist ein Blockdiagramm einer Hauptstruktur einer zweiten Ausführung eines Abweichungserfassungsmittels für einen Hubdetektor;

Fig. 12 ist ein Blockdiagramm einer Ausführung eines Abweichungserfassungsmittels mit einer Analogschaltung;

Fig. 13 ist ein Blockdiagramm einer Hauptstruktur eines Drehmomentdetektors unter Verwendung eines Hubdetektors;

Fig. 14 ist ein Diagramm mit Darstellung einer Wellenform eines funktionellen Teils eines Drehmomentdetektors;

Fig. 15 ist eine Schnittansicht eines Lenkdrehmomentsensors;

Fig. 16 ist ein Diagramm mit Darstellung des Betriebs eines Lenkdrehmomentsensors;

Fig. 17 ist ein Blockdiagramm eines Hauptteils eines herkömmlichen Hubsensors;

Fig. 18 ist ein äquivalentes Schaltdiagramm eines herkömmlichen Hubdetektors; und

Fig. 19 ist ein Diagramm mit Darstellung der Struktur eines herkömmlichen Lenkdrehmomentsensors.

Fig. 1 ist ein Diagramm einer Basisstruktur einer ersten Ausführung eines Hubdetektors, Fig. 2 ist ein äquivalentes Schaltdiagramm des in Fig. 1 gezeigten Hubdetektors und Fig. 3 zeigt eine Wellenform eines Beispiels einer Übergangsansprechspannung der äquivalenten Schaltung von Fig. 2.

In Fig. 1 ist ein Hubdetektor 1 mit einer Erfassungswicklung 2 und einem Kern 3 versehen, der aus nicht magnetischer Substanz gebildet und in der Detektorwicklung 2 angeordnet ist und der in Antwort auf Verschiebung oder Hub eines Zielelements (nicht gezeigt) einen Hub (X1, X2) erfährt. Ein Ende 2A der Detektorwicklung 2 ist mit einer Impulsstromversorgung 5 verbunden, und das andere Ende 2B der Detektorwicklung 2 ist mit einem Bezugswiderstand R_F verbunden. Eine Übergangsansprechspannung V_0 wird aus beiden Enden des Widerstands R_F erfaßt (dem Ende 2B und Masse GND).

Angenommen, daß die Induktion der Erfassungswicklung 2, falls sich der Kern 3 in der Neutralstellung befindet, L ist und der Bezugswiderstand R_F ausreichend größer als der Innenwiderstand " r " der Detektorwick-

lung ist, so kann der Innenwiderstand " r " vernachlässigt werden, was zu einer äquivalenten Schaltung (LR-Integralschaltung) von Fig. 2 führt.

Wenn die in Fig. 2 gezeigte Schaltung durch eine abfallende Impulsspannung der Impulsstromversorgung (Spitzenwerte V_1) getrieben wird, deren Wellenform eine Periode hat, deren Hälfte ($T/2$) ausreichend größer als eine Zeitkonstante $\tau (=L/R_F)$ ist, dann entspricht die Übergangsansprechspannung V_0 zum Zeitpunkt t_k durch folgendem Ausdruck:

Formel 3:

$$V_0 = V_1 \cdot e^{-(R_F/L)t_k}$$

Wenn andererseits der fallende Impuls der Impulsstromversorgung (Spitzenwert V_1) angelegt wird, wenn ein Hub X_1 des Kerns 3 die Induktion der Detektorwicklung 2 um ΔL vermindern läßt, so daß sie $(L-\Delta L)$ wird, dann entspricht die Übergangsansprechspannung V_{01} zum Zeitpunkt t_k folgendem Ausdruck:

Formel 4:

$$V_{01} = V_1 \cdot e^{-\{R_F/(L-\Delta L)\}t_k}$$

Sobald die Induktion L aus der Übergangsansprechspannung V_0 (Ausdruck (3)) berechnet wurde in einem Zustand, in dem der Kern 3 sich in der Neutralstellung befindet (d. h. $\text{Hub}=0$), und gespeichert ist, wird die Induktion $(L-\Delta L)$ aus der Übergangsansprechspannung V_{01} (Ausdruck (4)) in dem Zustand berechnet, in dem der Kern um X_1 verschoben wurde, und dann kann durch Berechnung der Abweichung der Änderungsbetrag ΔL der Induktion L entsprechend dem Änderungsbetrag X_1 des Kerns 3 durch folgenden Ausdruck dargestellt werden:

Formel 5:

$$\Delta L = R_F \cdot t_k \{ \ln^{-1}(V_{01}/V_1) - \ln^{-1}(V_0/V_1) \}$$

Ausdruck (5) zeigt folgendes: angenommen, daß der Zeitpunkt t_k konstant ist, dann hat der Änderungsbetrag ΔL der Induktion L entsprechend dem Änderungsbetrag X_1 des Kerns 3 einen Wert, der auf Verhältnisse zwischen den Übergangsansprechspannungen V_0 und V_{01} , sowie auf den Spitzenwert V_1 anspricht.

Somit kann der Änderungsbetrag ΔL der Induktion L als ein Wert erfaßt werden, der unabhängig von dem Spitzenwert V_1 und der Frequenz $f=(1/T)$ der Impulsstromversorgung 5 ist, und somit kann der Änderungsbetrag X_1 erfaßt werden.

Auch weil der Änderungsbetrag ΔL der Induktion L den Übergangsansprechspannungen V_0 und V_{01} entspricht, kann der Änderungsbetrag X_1 erfaßt werden, indem die Übergangsansprechspannungen V_0 und V_{01} erfaßt werden.

Obwohl die oben beschriebene Ausführung einen fallenden Impuls der Impulsstromversorgung 5 zum Antrieb verwendet, kann der Änderungsbetrag X_1 in ähnlicher Weise auch durch Erfassen der Übergangsansprechspannungen entsprechend V_0 und V_{01} erfaßt werden, wenn ein ansteigender Impuls der Impulsstromversorgung 5 zum Antrieb verwendet wird.

Der Hubdetektor kann eine Hubgröße auf Basis einer Übergangsansprechspannung einer Impuls-getriebenen LR-Integralschaltung erfassen, die die Induktion einer Detektorwicklung und einen Bezugswiderstand umfaßt.

Fig. 4 zeigt eine Basisstruktur einer zweiten Ausführung eines Hubdetektors, und Fig. 5 zeigt eine Brücken-

schaltung, die eine Detektorwicklung und einen Bezugswiderstand aufweist.

In Fig. 4 ist ein Hubsensor 11 mit einem Kern 13 aus nicht magnetischer Substanz versehen, der Verschiebung in Längsrichtungen aus der Neutralen unterliegt, und Detektorwicklungen 12A und 12B aufweist, die symmetrisch in den Richtungen der Verschiebungen des Kerns 13 angeordnet sind und deren Induktionen sich in Antwort auf eine Verschiebung des Kerns 13 unterschiedlich ändern. Die einen Enden der Detektorwicklungen 12A und 12B sind miteinander verbunden, und die anderen Enden der Detektorwicklungen 12A und 12B sind jeweils mit einem Enden zweier Widerstände R_F verbunden, und deren andere Enden sind mit Masse GND verbunden. Somit bildet der Hubsensor 11 eine in Fig. 5 gezeigte äquivalente Schaltung oder eine Brückenschaltung 14.

Ferner wird eine Impulsstromversorgung 15 (Spitzenwerte V_1) angelegt zwischen einem Knoten, an dem die Detektorwicklungen 12A und 12B miteinander verbunden sind, und einem Knoten, an dem die zwei Bezugswiderstände R_F verbunden sind, während ein Knoten, an dem die Detektorwicklung 12A und einer der Widerstände R_F verbunden sind, und ein Knoten, an dem die Detektorwicklung 12B und der andere der Bezugswiderstände R_F verbunden sind, jeweils Erfassungsschlüsse S1 und S2 zur Bildung eines Ausgangs darstellen.

In der in Fig. 5 gezeigten äquivalenten Schaltung, in der die Induktionen der Detektorwicklungen 12A und 12B jeweils als L_1 bzw. L_2 betrachtet werden, bildet die Schaltung zwischen den Treiberknoten, an denen die Impulsstromversorgung 15 anliegt, zwei LR-Integrierschaltungen, deren Erfassungsspannungen V_{S1} und V_{S2} von den Anschlüssen S1 bzw. S2 abgeleitet werden. Die Erfassungsspannungen V_{S1} und V_{S2} sind die Übergangsansprechspannungen bezüglich des Spitzenwerts V_1 .

Ferner ist die über den Erfassungsschlüssen S1 und S2 erfaßte Spannung V_D eine Abweichung ($V_{S1} - V_{S2}$).

Fig. 6 zeigt eine Struktur einer Ausführung eines Hubsensors für einen Hubdetektor.

In Fig. 6 ist der Hubsensor 11 in einem zylindrischen Gehäuse angeordnet und umfaßt einen Kern 13, der in der Längsrichtung des zylindrischen Gehäuses beweglich ist, zwei Detektorwicklungen 12A und 12B, die symmetrisch in Richtung von Bewegungen des Kerns 13 so angeordnet sind, daß sie den Kern 13 umgeben, und das Gehäuse, in dem die Detektorwicklungen 12A und 12B und der Kern 13 aufgenommen sind.

Der Hubsensor 11 umfaßt ferner einen Draht V_1 zur Zufuhr der Impulsstromversorgung 15 von außerhalb zu den in Fig. 4 gezeigten Detektorwicklungen 12A und 12B, sowie Drähte (S1 und S2), die die Detektorwicklungen 12A und 12B mit Bezugswiderständen (R_F) außerhalb des Gehäuses verbinden und von denen die Erfassungsspannungen (V_{S1} und V_{S2}) abgeleitet werden.

Wenn eine Bewegung des Zielelements ein mit dem Kern 13 gekoppeltes vorstehendes Element verschiebt, um den Kern 13 zu verschieben, ändern sich die Induktionen der Detektorwicklungen 12A und 12B ($L_1 = L_2 = L$, wenn sich der Kern in der Neutralstellung befindet), und demzufolge wird eine Differenzfassungsspannung ($V_D = V_{S1} - V_{S2}$), die dem Hub des Kerns 13 entspricht, an den Drähten S1 und S2 erfaßt.

Die Masseanschlüsse GND können durch das Gehäuse geerdet sein oder können außerhalb des Gehäuses abgeleitet werden, indem man einen Draht vorsieht, ähnlich den Erfassungsschlüssen S1 und S2.

Fig. 7 zeigt Wellenformen der Übergangsansprechspannung für den Fall, daß die Tastzyklen von fallenden und ansteigenden Wellenformen von Fig. 5 einander gleich sind. Fig. 8 zeigt Wellenformen der Übergangsansprechspannung für den Fall, daß die Tastzyklen der fallenden und ansteigenden Wellenformen von Fig. 5 unterschiedlich sind.

Im Fall von Fig. 7 ist die Breite ($T/2$) der fallenden Impulse der Impulsstromversorgung ausreichend länger gesetzt als die Zeitkonstante der Integrationsschaltung, damit die Übergangsansprechspannung zum Zeitpunkt $T/2$ 0 Volt erreicht, während im Fall von Fig. 8 die Breite (T_1) der fallenden Impulse so kurz gesetzt ist, daß die Übergangsansprechspannung zum Zeitpunkt T_1 0 Volt nicht erreicht.

In beiden Fällen von Fig. 7 und 8 ist die Breite der ansteigenden Impulse ausreichend länger gesetzt als die Zeitkonstante der Integrationsschaltung, damit die Übergangsansprechspannung zum Zeitpunkt T oder T_2 den Spitzenwert T_1 erreicht.

Wenn das Zielelement, an dem der Hubsensor 10 angebracht ist, verschoben wird und hierdurch wiederum der Kern 13 des in Fig. 4 gezeigten Hubsensors 11 um X_1 zur Seite der Detektorwicklung 12A verschoben wird, was zur Folge hat, daß die Induktion L (die Induktion in dem Fall, daß sich der Kern 13 in seiner Neutralstellung befindet) der Detektorwicklung 12A beispielsweise auf L_1 sinkt und die Induktion L der Detektorwicklung 12B auf L_2 ansteigt, dann wird wegen der Beziehung $L_1 < L_2$ die Zeitkonstante (L_1/R_F) der Übergangsansprechspannung V_{S1} über den Anschlüssen S1 und S2 kleiner als (L_2/R_F) der Übergangsansprechspannung V_{S2} so daß die Impulsspannung der Übergangsansprechspannung V_{S1} schneller ansteigt und fällt als diejenige der Übergangsansprechspannung V_{S2} in Fig. 7 und 8.

Wenn der Kern 13 in der X_1 -Richtung verschoben wird, wird die Erfassungsspannung $V_D (= V_{S1} - V_{S2})$ über den Erfassungsschlüssen S1 und S2 so erfaßt, daß sie während fallenden Impulsen negative Polarität hat und während ansteigenden Impulsen die positive Polarität.

Wenn der Kern 13 des in Fig. 4 gezeigten Hubsensors 11 in der X_2 -Richtung verschoben wird, wird die Erfassungsspannung $V_D (= V_{S1} - V_{S2})$, deren Beziehung zum oben stehenden entgegengesetzt ist, so erfaßt, daß sie während fallenden Impulsen die positive Polarität und während ansteigenden Impulsen die negative Polarität hat.

Somit bestimmt der Absolutwert der Erfassungsspannung $V_D (= V_{S1} - V_{S2})$ den Betrag der Verschiebung X_1 oder X_2 , und das Vorzeichen der Erfassungsspannung V_D bestimmt die Richtung der Verschiebung.

Wenn die Erfassungsspannung V_D während eines fallenden Impulses in Fig. 7 und 8 erfaßt wird, dann kann die maximale Erfassungsspannung $V_D (= V_{D\text{MAX}} -)$ Das Vorzeichen ist minus) zum Zeitpunkt t_M in Fig. 7 erfaßt werden und die Erfassungsspannung V_D kann in Fig. 8 zum Zeitpunkt T_1 erfaßt werden.

Die Anordnung kann so sein, daß in Fig. 8 die gleiche Erfassungsspannung $V_D (= V_{D\text{MAX}} -)$ wie in Fig. 7 erfaßt werden kann, indem man T_1 auf t_M setzt.

Ferner kann die Anordnung so sein, daß die Erfassungsspannung V_D während eines ansteigenden Impulses in Fig. 7 erfaßt wird. Durch diese Maßnahme kann die maximale Erfassungsspannung $V_D (= V_{D\text{MAX}} +)$ mit positiven Vorzeichen erfaßt werden.

Der oben beschriebene empfindliche Hubsensor 10

ist zur Bildung einer Anordnung konstruiert, um die größtmögliche Erfassungsspannung V_D auch für die gleiche Hubgröße des Hubsensors 10 zu erfassen.

Fig. 9 ist ein Blockdiagramm mit Darstellung der Gesamtstruktur eines Beispiels eines Hubdetektors einschließlich eines Abweichspannungserfassungsmittels.

In Fig. 9 umfaßt der Hubdetektor 10 einen Hubsensor 11, eine Impulsstromversorgung 15 und ein Abweichspannungserfassungsmittel 16. Das Abweichspannungserfassungsmittel 16 erfaßt den Maximalwert der erfaßten Spannungen V_D , d. h. $V_{D_{MAX-}}$ oder $V_{D_{MAX+}}$ auf Basis der Erfassungsspannungen V_D über den Erfassungsanschlüssen S1 und S2 sowie Impulsinformation V_I (beispielsweise Information über Anstieg, Abfall und Spitzenwerte von Impulsen) von einem Anschluß P_0 der Impulsstromversorgung 15, und wandelt die Maximalwerte in eine Hubgröße X, die der Erfassungsspannung V_D entspricht.

Fig. 10 ist ein Blockdiagramm eines Hauptteils einer ersten Ausführung eines Abweichspannungserfassungsmittels für einen Hubdetektor.

In Fig. 10 hat das Abweichspannungserfassungsmittel 16 eine auf einen Mikroprozessor beruhende Struktur und umfaßt ein Abweichspannungsspeichermittel 16A, ein Impulsabfallerfassungsmittel 16B, ein Timermittel 16C, ein Betriebsmittel maximaler Abweichspannung 17 und ein Hubgrößenwandlermittel 18 und ist so angeordnet, daß die maximale Abweichspannung $V_{D_{MAX-}}$ innerhalb einer Periode fallenden Impulses der Impulsstromversorgung 15 auf Basis der von dem Hubsensor 11 erfaßten Erfassungsspannungen V_D berechnet wird, um die maximale Abweichspannung $V_{D_{MAX-}}$ in eine Hubgröße zu wandeln und diese auszugeben.

Das Abweichspannungsspeichermittel 16A umfaßt einen AD-Wandler, einen Differenzverstärker, einen überschreibbaren Speicher, wie etwa ein RAM und einen Schaltkreis. Das Abweichspannungsspeichermittel 16A nimmt die von dem Hubsensor 11 erfaßten Erfassungsspannungen V_D zu vorbestimmten Zeiten während einer fallenden Impulsperiode (einer Periode von $T/2$ in Fig. 7 oder T_1 in Fig. 8) der Impulsstromversorgung 15 (mit einem Spitzenwert V_I) auf Basis von Abfallinformation T_D und Anstiegsinformation T_U , die von dem Impulsabfallerfassungsmittel 16B zugeführt wird, und speichert die aufgenommenen Erfassungsspannungen V_D als Digitalwerte.

Der Aufnahmebetrieb für die Erfassungsspannung V_D wird mit dem Timing von Tastimpulsen durchgeführt, die unter Steuerung beispielsweise eines Mikroprozessors erzeugt werden.

Ferner ist in dem Abweichspannungsspeichermittel 16A die Steuerung so, daß durch Schaltbetätigung des Schaltkreises die Erfassungsspannung V_D (mit einem Spitzenwert V_I) in dem Speicher während der fallenden Impulsperiode der Impulsstromversorgung 15 gespeichert wird und nicht während der ansteigenden Impulsperiode gespeichert wird, und gleichzeitig werden die in dem Speicher gespeicherten Erfassungsspannungsdaten V_{DM} der Erfassungsspannung V_D hintereinander an das Betriebsmittel maximaler Abweichspannung ausgegeben.

Das Betriebsmittel maximaler Abweichspannung 17 umfaßt einen Komparator, einen Speicher zum Speichern der Maximalwerte und so fort zur Zufuhr der maximalen Abweichspannung $V_{D_{MAX-}}$ als Maximalwert der Erfassungsspannungsdaten V_{DM} an das Hubgrößenwandlermittel 18, durch Vergleich mit Erfassungsspannungsdaten V_{DM} , die aus dem Abweichungs-

spannungsspeichermittel 16A hintereinander ausgegeben werden, zum Speichern der größeren Erfassungsspannungsdaten V_{DM} .

Das Impulsanstiegserfassungsmittel 16B erfaßt den Anstieg und den Abfall (z. B. Flanken) zur Ausgabe der Anstiegsinformation T_D und der Abfallinformation T_U an das Abweichspannungsspeichermittel 16A und das Timermittel 16C.

Das Timermittel 16C beginnt mit der Zeitzählung in Antwort auf die Abfallinformation T_D und unterbricht die Zeitzählung in Antwort auf die Anstiegsinformation T_U , um ein durch Timerbetrieb erhaltenes Timersignal T_K dem Hubgrößenwandlermittel 18 zuzuführen.

Das Hubgrößenwandlermittel 18 umfaßt einen Speicher, wie etwa ein ROM zur Vorabspeicherung von Maximalabweichspannungen $V_{D_{MAX-}}$, die auf Basis theoretischer Werte (berechneter Werte) oder experimentell erhaltener Werte vorab bestimmt sind, und entsprechenden Hubgrößen, und zur Ausgabe eines Hubgrößensignals X, das der maximalen Abweichspannung $V_{D_{MAX-}}$ entspricht, die von dem Betriebsmittel maximaler Abweichspannung 17 zugeführt wird.

Um ferner das Vorzeichen der maximalen Abweichspannung $V_{D_{MAX-}}$ zu erfassen, besteht eine Anordnung darin, daß die fallende Impulsperiode T_{D0} der Impulsstromversorgung 15, die von dem Hubgrößenwandlermittel 18 verwendet wird, zuvor in einem überschreibbaren Speicher wie etwa einem RAM gespeichert wird, und wenn ein von dem Timermittel 16C zugeführtes Timersignal T_K gleich der gespeicherten fallenden Impulsperiode T_{D0} ist, dann wird das Hubgrößensignal X zur Ausgabe mit Information ergänzt, die das Minusvorzeichen anzeigt.

Jedoch sind in diesem Fall die fallenden und ansteigenden Impulsperioden in Fig. 7 auf unterschiedliche Werte gesetzt, um die fallenden und ansteigenden Impulsperioden der Impulsstromversorgung 15 zu unterscheiden.

Ferner können in einer anderen Anordnung die Erfassungsspannungsdaten V_{DM} Digitalinformation über das Vorzeichen sowie die Größe (Spannung) enthalten, um das Hubgrößensignal X einschließlich Digitalinformation über das Vorzeichen auszugeben.

Alternativ kann in einem Fig. 8 entsprechenden Abweichspannungserfassungsmittel 16 das Betriebsmittel maximaler Abweichspannung 17 und das Timermittel weggelassen werden. In diesem Fall speichert das Abweichspannungsspeichermittel 16A nur die Abweichspannung V_D , die als maximale Abweichspannung $V_{D_{MAX-}}$ zu speichern ist, auf Basis der Anstiegsinformation, die von dem Impulsabfallerfassungsmittel 16B zugeführt wird, um die Erfassungsspannungsdaten V_{DM} direkt zu dem Hubgrößenwandlermittel 18 zu senden, das die Hubgröße X ausgibt, die vorab in dem ROM des Hubgrößenwandlermittels 18 gespeichert ist und den Erfassungsspannungsdaten V_{DM} entspricht.

Wie oben beschrieben, speichert das Abweichspannungserfassungsmittel 16 des Hubdetektors die von einem Hubsensor 11 erfaßte Erfassungsspannung V_D während einer fallenden Impulsperiode einer Impulsstromversorgung 15, erfaßt den Maximalwert auf Basis der gespeicherten Erfassungsspannungen V_D als maximale Abweichspannung $V_{D_{MAX-}}$ und gibt ein Hubsignal X mit einem Vorzeichen aus, das der maximalen Abweichspannung $V_{D_{MAX-}}$ entspricht, so daß es möglich ist, den Hubbetrag zu erfassen und gleichzeitig die Richtung des Hubs zu erfassen.

Fig. 11 ist ein Blockdiagramm einer Hauptstruktur

einer zweiten Ausführung eines Abweichspannungserfassungsmittels für einen Hubdetektor.

In Fig. 11 hat das Abweichspannungserfassungsmittel 21 eine auf einen Mikroprozessor beruhende Struktur und umfaßt: ein Abweichspannungsspeichermittel 22, ein Impulsabfall- und -anstiegserfassungsmittel 23, ein Erfassungsmittel abfallender Abweichspannung 24, ein Erfassungsmittel ansteigender Abweichspannung 25, ein Abweichungsausgabemittel 26, ein Periodenerfassungsmittel 27 und ein Hubgrößenwandlermittel 18. Sie ist so angeordnet, daß die maximalen Abweichspannungen V_{DMAX-} und V_{DMAX+} der Erfassungsspannungen V_D des Hubsensors 11 jeweils innerhalb einer fallenden und ansteigenden Impulsperiode der Impulsstromversorgung 15 erfaßt werden, wobei die Abweichung der maximalen Abweichspannungen V_{DMAX-} und V_{DMAX+} als Abweichausgang V_{D0} erfaßt werden, und dann wird der Abweichausgang V_{D0} zur Ausgabe in ein Hubgrößensignal X_0 gewandelt.

Wie das Abweichspannungsspeichermittel 16A in Fig. 10 umfaßt das Abweichspannungsspeichermittel 22 einen AD-Wandler, einen Differenzverstärker, einen überschreibbaren Speicher, wie etwa ein RAM, und einen Schaltkreis. Das Abweichspannungsspeichermittel 22 empfängt die von dem Hubsensor 11 erfaßte Erfassungsspannung V_D eine vorbestimmte Zahlen von Malen während jeder fallenden Impulsperiode (einer Periode von $T/2$ in Fig. 7 oder T_1 in Fig. 8) und ansteigenden Impulsperiode (einer Periode von $T/2$ bis T in Fig. 7) der Impulsstromversorgung 15 (mit einem Spitzenwert V_i) auf Basis fallender Information T_D und ansteigender Information T_U , die von dem Impulsabfall- und Anstiegimpulserfassungsmittel 23 zugeführt wird, und speichert die erfaßten Spannungen für die fallenden und ansteigenden Impulsperioden in dem Speicher als Digitalwerte, d. h. Erfassungsspannungsdaten V_{DM-} bzw. V_{DM+} .

Das Abweichspannungsspeichermittel 22 führt die in dem Speicher gespeicherten Erfassungsspannungsdaten V_{DM-} und V_{DM+} den Erfassungsmitteln abfallender bzw. ansteigender Abweichspannung zu.

Die Erfassungsmittel abfallender und ansteigender Abweichspannung 24 und 25 umfassen jeweils einen Komparator, einen Speicher zum Speichern der Maximalwerte etc., zur Bildung von Triggern fallender Information T_D und ansteigender Information T_U , die von dem Impulsabfall- und Anstiegserfassungsmittel 23 zugeführt werden, wobei die Mittel 24 und 25 Erfassungsspannungsdaten V_{DM-} und V_{DM+} , die sequentiell von dem Abweichspannungsspeichermittel 22 zugeführt werden, aufnehmen und vergleichen und die größeren Erfassungsspannungen V_{DM-} und V_{DM+} speichern, um maximale Abweichspannungen V_{DMAX-} und V_{DMAX+} an das Abweichausgabemittel 26 anzugeben.

Das Abweichausgabemittel 26 umfaßt einen Komparator mit einem Operationsverstärker etc. Das Mittel 26 berechnet die Abweichung ($=V_{DMAX-}-V_{DMAX+}$) der maximalen Abweichspannungen V_{DMAX-} und V_{DMAX+} für eine Impulsperiode T gemäß Fig. 7 auf Basis eines Periodensignals T_S , das von dem Periodenerfassungsmittel 27 ausgegeben ist und Perioden der Impulsstromversorgung 15 entspricht, und führt dem Hubgrößenwandlermittel 18 ein Abweichausgangssignal V_{D0} zu.

Anzumerken ist, daß die maximalen Abweichspannungen V_{DMAX-} und V_{DMAX+} unterschiedliche Vorzeichen haben, und wenn die Absolutwerte von V_{DMAX-} und V_{DMAX+} einander gleich sind, der Ab-

weichausgang V_{D0} als zweifacher Wert der maximalen Abweichspannung V_{DMAX-} oder V_{DMAX+} erfaßt werden kann.

Das in Hubgrößenwandlermittel 18, das den gleichen Aufbau wie in Fig. 10 hat, speichert Abweichausgänge V_{D0} ($=V_{DMAX-}-V_{DMAX+}$), die vorab auf Basis theoretischer Werte (berechneter Werte) oder experimentell erhaltener Werte gesetzt sind und Hubgrößen X entsprechen, und gibt die Hubgröße X_0 aus, die einem von dem Abweichausgabemittel 26 zugeführten Abweichausgang V_{D0} entspricht.

Das Periodenerfassungsmittel 27 umfaßt eine Timer-schaltung etc. und dient zur Erfassung der Impulsperiode T der Impulsstromversorgung 15 auf Basis fallender Information T_D und ansteigender Information T_U , die von dem Impulsabfall- und -anstiegsmittel 23 zugeführt sind, zur Ausgabe eines Periodensignals T_S an das Abweichausgabemittel 26.

Wie oben beschrieben, speichert das Abweichspannungserfassungsmittel 21 eines Hubdetektors Erfassungsspannungen V_{DM-} und V_{DM+} , die während einer fallenden und einer ansteigenden Impulsperiode einer Impulsstromversorgung 15 durch einen Hubsensor 11 erfaßt sind, erfaßt die Maximalwerte der Erfassungsspannungen V_{DM-} und V_{DM+} , wie die während der fallenden und ansteigenden Impulsperioden als Maximalabweichspannungen V_{DMAX-} bzw. V_{DMAX+} gespeichert sind und berechnet die Abweichung zwischen den maximalen Abweichspannungen V_{DMAX-} und V_{DMAX+} als Abweichausgang zur Ausgabe eines Hubgrößensignals X_0 , das dem Abweichausgang D_0 entspricht, so daß es möglich ist, den Hubbetrag mit höherer Empfindlichkeit zu erfassen.

Die Richtung des Hubs wird entsprechend dem Vorzeichen des Abweichausgangs V_{D0} bestimmt, z. B., wie in Fig. 4 gezeigt, als X_1 , wenn das Vorzeichen Minus ist, und als X_2 , wenn es Plus ist.

Obwohl der Kern des Hubsensors in der oben beschriebenen Ausführung aus nicht magnetischer Substanz gebildet ist, kann er auch aus magnetischer Substanz gebildet sein.

Obwohl das oben beschriebene Abweichspannungserfassungsmittel die Abweichung (Erfassungsspannung V_D) der von dem Hubsensor erfaßten Analogübergangsansprechspannungen durch einen AD-Wandler in einen Digitalwert zur nachfolgenden Weiterverarbeitung wandelt, können die Analogübergangsansprechspannungen auch so bearbeitet werden wie sie sind.

Fig. 12 ist ein Blockdiagramm einer Ausführung eines Erfassungsspannungserfassungsmittels mit einer Analogschaltung.

In Fig. 12 umfaßt das Abweichspannungserfassungsmittel 31 Minimalwerthalteschaltungen 32 und 33 zum Halten von Übergangsansprechspannungen V_{S1} und V_{S2} zum Zeitpunkt T_1 einer fallenden Impulsperiode als Analogwert oder deren Minimalwerte (siehe Fig. 8), und einen Komparator 34 zum Berechnen und Verstärken der Abweichung ($V_{D1}-V_{D2}$) zwischen der Minimalwertspannung V_{D1} und V_{D2} aus den Minimalwerthalteschaltungen 32 und 33 und zur Ausgabe eines Hubgrößensignals X .

In dem Abweichspannungserfassungsmittel, das als Analogschaltung aufgebaut ist, wird der Hubbetrag aus dem Absolutwert des Hubgrößensignals X erfaßt, und die Hubrichtung wird in Abhängigkeit von einem Vorzeichen des Hubgrößensignals X erfaßt (je nach dem, ob es Plus oder Minus ist).

Nachfolgend wird ein Beispiel einer Anwendung ei-

nes solchen Hubdetektors einem Drehmomentdetektor beschrieben.

Fig. 13 ist ein Blockdiagramm eines Hauptteils eines Drehmomentdetektors unter Verwendung eines Hubdetektors. Fig. 14 ist ein Diagramm mit Darstellung von Wellenformen jedes funktionellen Teils in dem Drehmomentdetektor.

Gemäß Fig. 13 umfaßt ein Drehmomentdetektor 40 einen Drehmomentsensor, der einen Hubdetektor aufweist, und ein Drehmomenterfassungsmittel 46.

Der Drehmomentsensor 41 umfaßt eine Eingangswelle 42, eine Ausgangswelle 43, eine nicht gezeigte Torsionsstange, die die Eingangs- und Ausgangswellen 42 und 43 verbindet, und einen Hubsensor, umfassend ein Kern 44, Wicklungen 45A und 45B und zwei Bezugswiderstände (nicht gezeigt).

Wenn an die Eingangs- und Ausgangswellen 42 und 43 ein Drehmoment angelegt wird, ergibt dies in der Torsionsstange einen Torsionswinkel (θ_T), der proportional zu dem Drehmoment T ist.

Der Torsionswinkel θ_T wird in einen Längshub (x_T) des Kerns 44 gewandelt, der durch mit beiden Wellen gekoppelte Stifte und eine Spiral- und eine Längsnut (beide nicht gezeigt), die an dem Kern 44 vorgesehen sind, erzeugt wird.

Der Hub des Kerns 44 wird als eine Änderung (ΔL_T) der Induktion der oben erwähnten Wicklungen 45A und 45B erfaßt. Die Änderung der Induktion (ΔL_T) wird als Übergangsansprechspannungen V_{S1} und V_{S2} einer Impulsspannung V_I erfaßt, die an eine Brückenschaltung angelegt wird, die die Wicklungen 45A und 45B und die zwei Bezugswiderstände aufweist.

Der Hubsensor 41 kann als Hubdetektor einen Hubsensor nach obiger Bauweise aufweisen, wobei ein Drehmoment T in einen Torsionswinkel θ_T gewandelt wird, der in einen Hub x_T eines Kerns 44 gewandelt wird, und so wird das Drehmoment in Antwort auf den Hub x_T als Änderung ΔL_T der Induktion der Wicklungen erfaßt und kann daher als Impulsübergangsansprechspannungen V_{S1} und V_{S2} entsprechend der Änderung ΔL_T der Induktion erfaßt werden.

Das Drehmomenterfassungsmittel 46 umfaßt: einen Impulsgenerator 51 zur Zufuhr einer Impulsspannung V_I an den Drehmomentsensor 41, CR-Tiefpaßfilter 47A und 47B erster Ordnung zur Entfernung harmonischer Schaltstörungen (N_S) aus den von dem Drehmomentsensor 41 erfaßten Impulsübergangsansprechspannungen V_{S1} und V_{S2} zur Ausgabe von Impulsübergangsansprechspannungen V_a (V_{S1} und V_{S2}), Unterwerterschaltungen 48A und 48B zum Halten und Ausgeben von Unterwertspannungen V_{T1} und V_{T2} der Impulsübergangsansprechspannung V_a (V_{S1} und V_{S2}), einen Differenzverstärker 49 zur Berechnung und Verstärkung der Abweichung der Minimalwertspannungen V_{T1} und V_{T2} , d. h. $V_{T2} - V_{T1}$ mit einer Verstärkung G1 zur Ausgabe einer Abweichspannung V_b , und einen Invertierverstärker 50 zum Invertieren und Verschieben der Abweichspannung um eine Bezugsspannung (z. B. um 2,5 Volt) zur Ausgabe einer Drehmomenterfassungsspannung V_T .

Das Drehmomenterfassungsmittel 46 ist so angeordnet, daß ein Wert, der dem an dem Drehmomentsensor 41 angelegten Drehmoment T (Größe und Richtung) entspricht, als der Absolutwert der Drehmomenterfassungsspannung V_T erfaßt wird, und der Absolutwert wird beispielsweise durch eine Linie als Drehmomenterfassungsspannung V_T ausgedrückt, die mit Drehmomentanlage in der linken Richtung sinkt und mit Dreh-

momentanlage in der rechten Richtung ansteigt, wie in Fig. 14(f) gezeigt.

Wenn eine Konversionstabelle von Drehmomenten T und der entsprechenden Drehmomenterfassungsspannung V_T , ermittelt durch Berechnung oder Experiment, vorab in einem Speicher wie etwa einem ROM gespeichert wurde, kann das an den Drehmomentsensor 41 angelegte Drehmoment T auf Basis einer Drehmomenterfassungsspannung V_T (Absolutwert) erfaßt werden, die von dem Drehmomenterfassungsmittel 46 erfaßt wird.

Fig. 14 zeigt Wellenformen an verschiedenen Funktionskomponenten. Fig. 14(a) ist eine Ausgangswellenform einer Impulsspannung V_I . Fig. 14(b) ist eine Impulsübergangsansprechspannung V_{S1} und V_{S2} , die in der Brückenschaltung in dem Drehmomentsensor 41 erfaßt ist und Schaltstörungen N_S einer Ausgangsschaltung 51B, z. B. eines Schalttransistors, der Impulserzeugungsschaltung 51 an fallenden und ansteigenden Flanken der Impulsspannung V_I enthält.

Fig. 14(c) ist eine Wellenform einer Impulsübergangsansprechspannung V_a (V_{S1} und V_{S2}), die die Tiefpaßfilter 47A oder 47B durchlaufen hat, so daß die Schaltstörungen N_S entfernt sind.

Fig. 14(d) zeigt Wellenformen der Unterwertspannungen V_{T1} und V_{T2} , und Fig. 14(e) ist eine Wellenform einer Erfassungsspannung V_b , die eine um G1 verstärkte Version der Abweichung $V_{T2} - V_{T1}$ der Unterwertspannungen V_{T2} und V_{T1} ist.

Fig. 14(f) zeigt eine Wellenform einer Drehmomenterfassungsspannung V_T , die durch Invertieren und Verschieben der Erfassungsspannung V_b um eine Bezugsspannung (z. B. 2,5 Volt) bereitgestellt wird. Die Drehmomenterfassungsspannung V_T gleicht der Bezugsspannung (2,5 Volt) bei einem Drehmoment T von Null und ändert sich linear in Antwort auf die Größe und Richtung des Drehmoments T.

Obwohl das Drehmomenterfassungsmittel 46 in der obigen Ausführung unter Verwendung einer Analogschaltung aufgebaut ist, kann sie auch unter Verwendung einer Digitalschaltung aufgebaut sein.

Bei Verwendung eines Mikroprozessors kann der Prozeß etwa der Berechnung der Entscheidung usw. durch Software erreicht werden.

Nachfolgend wird ein Beispiel eines Lenkdrehmomentsensors für ein elektrisch betriebenes Lenkservosystem beschrieben, bei dem der obige Hubsensor Verwendung findet.

Fig. 15 ist eine Schnittansicht eines Lenkdrehmomentsensors.

Gemäß Fig. 15 umfaßt der Lenkdrehmomentsensor 61 zwei Detektorwicklungen 62A und 62B, ein die Detektorwicklungen 62A und 62B tragendes Gehäuse sowie einen Kern 64 zur Änderung des Magnetfelds an den Detektorwicklungen 62A und 62B.

Anzumerken ist, daß der Kern 64 monolithisch gebildet ist, in dem nicht magnetisches Metallmaterial oder Aluminiummaterial (Al-Material) zylindrisch gemacht wird, und Aluminiumringe 107B, genannt "Lenkunterbrechungsringe", können weggelassen werden, die an beiden zylindrischen Enden des Kerns 107A angebracht sind, der aus herkömmlichem zylindrischen Magnetmaterial (SCM-Material) gebildet ist, wie in Fig. 19 gezeigt.

Ferner sind in dem Lenkdrehmomentsensor 61 eine Eingangswelle 66 und eine Ausgangswelle 67 in deren Inneren durch eine Torsionsstange 68 verbunden.

Der Kern 64 ist nur in die Richtungen der Eingangswelle 66 und der Ausgangswelle 67, durch eine Längs-

führungsnut der Ausgangswelle 67 beweglich, die mit einem einwärts ragenden Vorsprung des Kerns 64 in Eingriff steht. Mit einer Spiralnute 69 des Kerns 64 steht ein Gleitstift 70 in Eingriff, der in die Eingangswelle 66 gepreßt ist.

Ein Gehäuse 63, das aus Aluminiummaterial (Al-Material) gebildet ist, ist so angeordnet, daß es eine Wicklungsspule 71 durch ein Joch 72 trägt und den Kern 64, die Eingangswelle 66 und die Ausgangswelle 67 umgibt.

Ferner ist in dem Gehäuse 63 ein Tachometer 73 vorgesehen, um die Drehzahl der Eingangswelle 66 über ein Zahnrad 74A, einen Zahnriemen 74B und ein Zahnrad 74C zu erfassen. Ferner vorgesehen sind Lager 75 zwischen der Eingangswelle 66 und dem Gehäuse 63, Lager 76 zwischen der Ausgangswelle 67 und dem Gehäuse 63, eine Staubbichtung 77 und ein Stemmring 78 etc.

Ferner hat der Lenkdrehmomentsensor 61 zwei eingebaute Bezugswiderstände R_F , wie in Fig. 4 und 5 gezeigt, die mit den Erfassungswicklungen 62A und 62B zur Bildung einer Brückenschaltung verbunden sind, die wiederum mit dem Drehmomenterfassungsmittel 46 verbunden ist, wie in Fig. 13 gezeigt.

Der Betrieb des Lenkdrehmomentsensors 61 wird nachfolgend beschrieben.

Wenn ein Drehmoment an die Eingangswelle 66 des Lenkdrehmomentsensors 61 angelegt wird, indem der Fahrer das Lenkrad dreht, wird die Torsionsstange 68 elastisch verdreht, was eine Relativverschiebung der Drehrichtung zwischen der Eingangswelle 66 und der Ausgangswelle 67 zur Folge hat.

Wenn eine solche Relativverschiebung auftritt, wird ein um die Eingangswelle 66 und die Ausgangswelle 67 herum angeordneter Kern 4 in der Längsrichtung relativ zu der Eingangs- und Ausgangswelle 66 und 67 verschoben, und zwar durch eine Längsführungsnut der Ausgangswelle 67, die mit einem einwärtsragenden Vorsprung des Kerns 64 in Eingriff steht, und einen in die Eingangswelle 66 eingepreßten Gleitstift 70, der mit einer Spiralnute 69 des Kerns 64 in Eingriff steht.

Wenn sich der Kern 64 in Längsrichtung bewegt, ändert sich der Magnetfluß um die Wicklungen 62A und 62B, so daß die Induktionen L_1 und L_2 der Detektorwicklungen 62A und 62B zunehmen bzw. abnehmen.

Fig. 16 ist ein Diagramm mit Darstellung des Betriebs eines Beispiels eines solchen Lenkdrehmomentsensors.

Fig. 16(a) zeigt einen Zustand, in dem kein Lenkdrehmoment an den Lenkdrehmomentsensor 61 angelegt wird. In diesem Fall ist der Kern 64 in der Mittelstellung zwischen den Detektorwicklungen 62A und 62B angeordnet, d. h. in der Neutralstellung. Der Bereich S1, in dem die Detektorwicklung 62A den Kern 64 umgibt, und der Bereich S2, in dem die Detektorwicklung 62B den Kern 64 umgibt, sind gleich ($S_1 = S_2$).

In diesem Zustand ist der magnetische Schwund der Detektorwicklungen 62A und 62B, verursacht durch den Kern 64, einander gleich, und demzufolge ist die Induktion L_1 der Detektorwicklung 62A gleich der Induktion L_2 der Detektorwicklung 62B ($L_1 = L_2$).

Fig. 16(b) zeigt den Zustand, in dem an den Lenkdrehmomentsensor 61 ein Lenkdrehmoment angelegt wird. In diesem Fall wurde der Kern 64 zu der Detektorwicklung 62B hin verschoben, wodurch der Bereich S1, in dem die Wicklung 62A den Kern 64 umschließt, abnimmt, d. h. der magnetische Schwund der Wicklung 62A abnimmt und evtl. die Induktion L_1 der Wicklung 62A zunimmt.

Andererseits nimmt der Bereich S2, in dem die Detek-

torwicklung 62A den Kern 64 umgibt, zu, so daß der magnetische Schwund der Wicklung 62B zunimmt und demzufolge die Induktion L_2 der Wicklung 62B abnimmt.

Das heißt, wenn der Kern 64 zu der Detektorwicklung 62B verschoben wird, ist die Induktion L_1 der Wicklung 62A größer als die Induktion L_2 der Wicklung 62B, d. h. $L_1 > L_2$.

Wenn im Gegensatz hierzu der Kern 64 zu der Detektorwicklung 62A hin verschoben wird, ist die Induktion der Wicklung 62B größer als die Induktion L_1 der Wicklung 62A, d. h. $L_1 < L_2$.

Daher kann das Lenkdrehmoment als eine Lenkdrehmomentgröße erfaßt werden, die die Größe und Richtung enthält, durch Erfassung von Änderungen der Induktionen L_1 und L_2 der Erfassungswicklungen 62A und 62B, die dem Lenkdrehmoment entsprechen, als Drehmomentübergangsansprechspannungen, unter Verwendung beispielsweise eines Drehmomenterfassungsmittels, wie es in Fig. 13 gezeigt ist.

Wie oben in Verbindung mit den Ausführungsbeispielen im Detail dargelegt, umfaßt die Erfindung einen verschiebbaren Kern, eine Detektorwicklung, deren Induktion sich in Antwort auf eine Hubgröße des Kerns ändert, und einen Bezugswiderstand, und ermöglicht eine genaue Erfassung einer Hubgröße des Kerns durch Erfassen einer Übergangsansprechspannung, falls an die Induktivität und dem Bezugswiderstand eine Impulsspannung angelegt wird, um den Absolutwert der Induktion zu erfassen und hierdurch die Änderung der Induktion zu erfassen, die der Hubgröße entspricht, und zwar unabhängig vom Spitzenwert oder der Frequenz der Impulsspannung.

Ferner umfaßt die Erfindung einen schiebbaren Kern, zwei Detektorwicklungen, deren Induktionen sich in Antwort auf eine Hubgröße ändern, zwei Bezugswiderstände und ein Abweichspannungserfassungsmittel, wobei die zwei Detektorwicklungen und die zwei Bezugswiderstände eine Brückenschaltung bilden, wobei: eine Impulsstromversorgung an die Brückenschaltung angelegt wird, um aus der Brückenschaltung einen Übergangsansprechspannungsausgang zu erfassen. Unterschiedliche Änderungen der Induktionen, die einer Hubgröße des Kerns entsprechen, werden erfaßt durch Erfassung einer Abweichspannung der Übergangsansprechspannung mittels eines Abweichspannungserfassungsmittels, so daß die Hubgröße des Kerns mit hoher Präzision erfaßt werden kann.

Ferner umfaßt die Erfindung ein Abweichspannungserfassungsmittel, umfassend ein Maximalabweichspannungsbetriebsmittel zur Erfassung des Maximalwerts einer Abweichung der Übergangsansprechspannung und ein Hubgrößenwandlernittel zum Wandeln der maximalen Abweichspannung aus dem Maximalabweichspannungsbetriebsmittel in eine Hubgröße, wobei die Hubgröße des Kerns mit hoher Präzision erfaßt werden kann, weil die Hublänge als große Spannung erfaßt wird.

Ferner umfaßt die Erfindung ein Abweichspannungserfassungsmittel, umfassend: ein Erfassungsmittel fallender maximaler Abweichspannung, ein Erfassungsmittel ansteigender maximaler Abweichspannung, ein Abweicheausgabemittel und ein Hubgrößenwandlernittel, wobei: der Maximalwert der Abweichungen zwischen den zwei Wegen der Übergangsansprechspannungen während jeder Impulsperiode eines fallenden und eines ansteigenden Impulses erfaßt wird; die Abweichung des Maximalwerts für jede Impulsperiode er-

faßt und in eine Hubgröße gewandelt wird; die Hubgröße eine größere Spannung erfaßt wird, so daß die Hubgröße des Kerns mit hoher Präzision erfaßt werden kann.

Ferner vereinfacht die Erfindung die Struktur, weil der Kern des Hubdetektors aus einer einzelnen Komponente aus nicht magnetischem Metallmaterial gebildet ist, und die eine Hubgröße des Lenkdrehmoments präzise erfassen kann.

Ferner kann die Erfindung eine Kennungsänderung des Sensors reduzieren, die bei der maschinenmäßigen Bearbeitung auftritt, wenn magnetisches Metallmaterial zu dem Kern geformt wird, weil der Kern des Hubdetektors aus einer einzelnen Komponente aus nicht magnetischem Metallmaterial gebildet wird.

Ferner wird ein Hubdetektor vorgesehen, der die Hubgröße empfindlich und genau erfaßt.

Ferner wird ein Lenkdrehmomentsensor für ein elektrisch betriebenes Lenkservosystem angegeben, dessen Struktur einfach ist und das eine empfindliche Erfassung der Hubgröße aufgrund eines Lenkdrehmoments ermöglicht.

Ein Hubsensor 1 ermöglicht eine genaue Erfassung einer Hubgröße eines Kerns 3. Der Hubdetektor umfaßt einen verschiebbaren Kern 3, eine Detektorwicklung 2, dessen Induktion sich in Antwort auf eine Hubgröße ändert, und einen Bezugswiderstand R_F . Eine Übergangsansprechspannung bei Anlegen einer Impulsspannung an die Induktivität und den Bezugswiderstand wird erfaßt, um den Absolutwert der Induktion erfassen zu können, und hierdurch wird die Änderung der Induktion, die der Hubgröße entspricht, unabhängig vom Spitzenwert oder der Frequenz der Impulsspannung erfaßt.

Ein Drehmomentsensor für ein elektrisch betriebenes Lenkservosystem enthält einen solchen Hubdetektor, dessen Kern aus nicht magnetischem Metallmaterial gebildet ist. Der Drehmomentsensor hat eine einfache Struktur und erlaubt eine empfindliche Erfassung einer Hubgröße des Lenkdrehmoments.

Patentansprüche

1. Hubdetektor, umfassend:
einen verschiebbaren Kern (3; 13),
eine Detektorwicklung (2; 2A, 2B), die in der Nähe des Kerns angeordnet ist und deren Induktion sich in Antwort auf Verschiebung (X_1 , X_2) des Kerns ändert;
einen Bezugswiderstand (R_F), der in Serie mit der Detektorwicklung geschlossen ist; und
eine Impulsstromversorgung (5; 15) in Anlage zwischen beiden Enden einer Serienschaltung, die den Bezugswiderstand (R_F) und die Detektorwicklung (2; 2A, 2B) umfaßt, wobei:
die Verschiebung (X_1 , X_2) des Kerns (3; 13) auf Basis der Übergangsansprechspannung (V_0 , V_{01} ; V_{S1} , V_{S2}) über dem Bezugswiderstand (R_F) der Serienschaltung erfaßt wird. (Fig. 1).
2. Hubdetektor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Kern (3; 13) aus nicht magnetischer Substanz gebildet ist.
3. Hubdetektor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Verschiebung des Kerns (3; 13) auf Basis der Übergangsansprechspannung (V_0 , V_{S2}) nach einer vorbestimmten Zeit (t_K ; t_M ; T_1) bei sich in seiner Neutralstellung befindlichem Kern (3; 13) und der Übergangsansprechspannung

(V_{01} ; V_{S1}) nach der vorbestimmten Zeit (t_K ; t_M ; T_1) bei verschobenem Kern (3; 13) erfaßt wird. (Fig. 3, 7, 8).

4. Hubdetektor, umfassend:

einen Kern (13), der aus der Neutralstellung in beide Längsrichtungen (X_1 , X_2) verschiebbar ist;
zwei Detektorwicklungen (12A, 12B), die zu der Neutralstellung symmetrisch in die Verschiebungsrichtungen des Kerns (13) angeordnet sind, wobei sich die Induktionen (L_1 , L_2) der Detektorwicklungen (12A, 12B) in Antwort auf Verschiebung des Kerns (13) unterschiedlich ändern;
zwei Bezugswiderstände (R_F , R_F), die jeweils in Serie mit einer der Detektorwicklungen (12A, 12B) geschlossen sind; eine Brückenschaltung, die aus den zwei Bezugswiderständen (R_F , R_F) und den zwei Detektorwicklungen (12A, 12B) gebildet ist;
eine Impulsstromversorgung (15) in Anlage an die Brückenschaltung; und
ein Abweichspannungserfassungsmittel (16) zum Erfassen der Abweichspannung (V_D) zwischen den jeweiligen Übergangsansprechspannungen (V_{S1} , V_{S2}) über den zwei Bezugswiderständen (R_F , R_F) in der Brückenschaltung, wobei:
die Größe (X) und die Richtung der Verschiebung (X_1 , X_2) des Kerns (13) auf Basis der Abweichspannung (V_D) erfaßt werden. (Fig. 4, 9).

5. Hubdetektor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Kern (13) aus nicht magnetischer Substanz gebildet ist.

6. Hubdetektor nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Abweichspannungserfassungsmittel (16) den Maximalwert (V_{DM}) erfaßter Spannungen (V_D) aus der Brückenschaltung auf Basis der erfaßten Spannungen (V_D) und von Impulsinformation (T_D , T_U) aus der Impulsstromversorgung (15) erfaßt. (Fig. 10).

7. Hubdetektor nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Abweichspannungserfassungsmittel (16) aufweist: ein Betriebsmittel (17) maximaler Abweichspannung zum Finden des Maximalwerts (V_{DMAX-}) der Abweichungen zwischen den jeweiligen Übergangsansprechspannungen (V_{S1} und V_{S2}) über den zwei Bezugswiderständen (R_F , R_F); und ein Hubgrößenwandlermittel (18) zum Wandeln der maximalen Abweichspannung (V_{DMAX-}) in eine Hubgröße (X). (Fig. 10).

8. Hubdetektor nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß eine (T_2) der steigenden und der fallenden Impulsperiode (T_1 , T_2) länger als eine Zeitkonstante von Integralschaltungen in der Brückenschaltung gesetzt ist, und wobei der Hubdetektor (10) umfaßt:

ein Abweichspannungsspeichermittel (16A) zum Speichern der erfaßten Spannung (V_D) zu jeder Abtastzeit und Ausgabe der gespeicherten Erfassungsspannungen (V_{DM});
ein Betriebsmittel maximaler Abweichspannungen (17) zum Vergleichen jeder der gespeicherten Erfassungsspannungen (V_{DM}) zur Ausgabe einer maximalen Abweichspannung (V_{DMAX-}); und
ein Hubgrößenwandlermittel (18) zum Wandeln der maximalen Abweichspannung (V_{DMAX-}) in eine Hubgröße (X). (Fig. 8, 10).

9. Hubdetektor nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß eine (T_2) der steigenden und fallenden Impulsperioden (T_1 , T_2) länger als die Zeitkonstante von Integralschaltungen in

der Brückenschaltung gesetzt ist und die andere (T_1) der steigenden und fallenden Impulsperioden kürzer als die Zeitkonstante der Integralschaltungen in der Brückenschaltung gesetzt ist, und wobei der Hubdetektor (10) umfaßt:

ein Abweichungsspannungsspeichermittel (16A) zum Speichern der maximalen Abweichungsspannung (V_D) der erfaßten Spannungen (V_D) zu jeder Abtastzeit und zu deren Ausgabe; und ein Hubgrößenwandlerrmittel (18) zum Wandeln der maximalen Abweichungsspannung (V_{DMAX-}) der Erfassungsspannung (V_{DM}), die von dem Abweichungsspannungsspeichermittel (16A) ausgegeben ist, in eine entsprechende Hubgröße (X) (Fig. 8, 10).

10. Hubdetektor nach einem der Ansprüche 4 bis 9, ferner umfassend:

einen Hubsensor (11), wobei der Hubsensor umfaßt:

ein Gehäuse;

einen in dem Gehäuse enthaltenen Kern (13), der in Antwort auf eine Verschiebung eines Zielelements zu verschieben ist;

zwei Detektorwicklungen (12A, 12B), die um den Kern (13) herum angeordnet sind;

einen Verbindungsdraht (V_i) zum Verbinden der Detektorwicklungen (12A, 12B) mit einer Impulsstromversorgung (15) außerhalb des Gehäuses; und Verbindungsdrähte (S_1 , S_2) zum Ableiten der von den Detektorwicklungen (12A, 12B) erfaßten Abweichungsspannungen (V_{S1} , V_{S2}) aus dem Gehäuse (Fig. 6).

11. Hubdetektor nach einem der Ansprüche 4 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Abweichungsspannungserfassungsmittel (21) umfaßt:

ein Erfassungsmittel (24) fallender maximaler Abweichungsspannung zum Erfassen des Maximalwerts (V_{DMAX-}) der Abweichungen zwischen den jeweiligen Übergangsansprechspannungen fallenden Impulses (V_{S1} , V_{S2}) über den zwei Bezugswiderständen (R_F , R_F);

ein Erfassungsmittel (25) steigender maximaler Abweichungsspannung zum Erfassen des Maximalwerts (V_{DMAX+}) der Abweichungen zwischen den jeweiligen Übergangsansprechspannungen steigenden Impulses (V_{S1} , V_{S2}) über den zwei Bezugswiderständen (R_F , R_F);

ein Abweichungsspannungsausgabemittel (26) zur Ausgabe einer Maximalwertabweichung (V_{D0}) des Ausgangs aus dem Erfassungsmittel fallender maximaler Abweichungsspannung (24) und des Ausgangs aus dem Erfassungsmittel steigender maximaler Abweichungsspannung (25); und ein Hubgrößenwandlerrmittel (18) zum Wandeln der maximalen Abweichung (V_{D0}) in eine Hubgröße (X_0) (Fig. 11).

12. Hubdetektor nach einem der Ansprüche 4 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Abweichungsspannungserfassungsmittel (31) umfaßt:

Minimalwerthalteschaltungen (32, 33) zum Halten der Minimalwerte der jeweiligen Übergangsansprechspannungen (V_{S1} , V_{S2}) über den zwei Bezugswiderständen (R_F , R_F) in der Brückenschaltung und zur Ausgabe von Minimalwertspannungen (V_{D1} , V_{D2}); und

eine Vergleichsschaltung (34) zum Berechnen und Wandeln der Abweichung der Minimalwertspannungen (V_{D1} , V_{D2}) in eine Hubgröße (X) (Fig. 12).

13. Drehmomentsensor, umfassend:

einen Kern (64), der aus seiner Neutralstellung in beide Längsrichtungen (X_1 , X_2) verschiebbar ist; zwei Detektorwicklungen (62A, 62B), die symmetrisch von der Neutralstellung in die beiden Verschiebungsrichtungen des Kerns (64) angeordnet sind; wobei sich die Induktionen der Detektorwicklungen in Antwort auf Verschiebung des Kerns (64) unterschiedlich ändern;

zwei Bezugswiderstände (R_F , R_F), die jeweils mit einer der Detektorwicklung (65A, 65B) in Serie verbunden sind;

eine Brückenschaltung, die aus den zwei Bezugswiderständen (R_F , R_F) und den zwei Detektorwicklungen (65A, 65B) zusammengesetzt ist;

eine Impulsstromversorgung (15) in Anlage an der Brückenschaltung; und

ein Abweichungsspannungserfassungsmittel (16; 21; 31) zum Erfassen der Abweichungsspannung (V_D) zwischen den jeweiligen Übergangsansprechspannungen (V_{S1} , V_{S2}) über den zwei Bezugswiderständen (R_F , R_F) in der Brückenschaltung, und wobei der Drehmomentsensor ferner umfaßt:

eine Eingangswelle (66);

eine Ausgangswelle (67);

eine Torsionsstange (68) zum Koppeln der Eingangswelle (66) mit der Ausgangswelle (67); und wobei der Kern (64) mit den Eingangs- und Ausgangswellen (66, 67) derart in Eingriff steht, daß er in Antwort auf ein an die Eingangswelle (66) angelegtes Lenkdrehmoment von der Neutralstellung in beide Längsrichtungen verschiebbar ist (Fig. 15; 10, 11, 12).

14. Drehmomentsensor nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Kern (64) aus nicht magnetischer Substanz gebildet ist.

15. Drehmomentsensor nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß das Abweichungsspannungserfassungsmittel (16) den Maximalwert (V_{DM}) der Erfassungsspannungen aus der Brückenschaltung auf Basis der Erfassungsspannungen (V_D) und Impulsinformation (T_D , T_{DU}) aus der Impulsstromversorgung (15) erfaßt (Fig. 10).

16. Drehmomentsensor nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß das Abweichungsspannungserfassungsmittel (16) umfaßt:

ein Betriebsmittel (17) maximaler Abweichungsspannung zum Finden des Maximalwerts (V_{DMAX-}) der Abweichungen (V_D) zwischen den jeweiligen Übergangsansprechspannungen (V_{S1} und V_{S2}) über den zwei Bezugswiderständen (R_F , R_F); und ein Hubgrößenwandlerrmittel (18) zum Wandeln der maximalen Abweichungsspannung (V_{DMAX-}) in eine Hubgröße (X). (Fig. 10).

17. Drehmomentsensor nach einem der Ansprüche 13 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß:

das eine (T_2) der steigenden und fallenden Impulsperioden (T_1 , T_2) länger als eine Zeitkonstante von Integralschaltungen in der Brückenschaltung gesetzt ist, und wobei der Drehmomentsensor umfaßt:

ein Abweichungsspannungsspeichermittel (16A) zum Speichern der erfaßten Spannung (V_D) zu jeder Abtastzeit und Ausgabe der gespeicherten Erfassungsspannungen (V_{DM});

ein Betriebsmittel maximaler Abweichungsspannung (17) zum Vergleichen jeder der gespeicherten Erfassungsspannungen (V_{DM}) zur Ausgabe einer maximalen Abweichungsspannung (V_{DMAX-}); und

ein Hubgrößenwandlerrmittel (18) zum Wandeln der maximalen Abweichspannung (V_{DMAX-}) in eine Hubgröße (X). (Fig. 8, 10).

18. Drehmomentsensor nach einem der Ansprüche 13 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß eine (T_2) der steigenden und fallenden Impulsperioden (T_1 , T_2) länger als eine Zeitkonstante von Integralschaltungen in der Brückenschaltung gesetzt ist und die andere (T_1) der steigenden und fallenden Impulsperioden kürzer als die Zeitkonstante der Integralschaltungen in der Brückenschaltung gesetzt ist, und wobei der Drehmomentsensor umfaßt:

ein Abweichspannungserfassungsmittel (16A) zum Speichern der Erfassungsspannung (V_D) zu jeder Abtastzeit und zur Ausgabe der erfaßten Spannungen (V_{DM});

ein Betriebsmittel (17) maximaler Abweichspannung zum Vergleich der von dem Abweichspannungsspeichermittel (16A) ausgegebenen erfaßten Spannungen (V_{DM}) und zur Ausgabe der maximalen Abweichspannung (V_{DMAX-}); und

ein Hubgrößenwandlerrmittel (18) zum Wandeln der maximalen Abweichspannung (V_{DMAX-}), die von dem Betriebsmittel (17) maximaler Abweichspannung ausgegeben ist, in eine entsprechende Hubgröße (X). (Fig. 10).

19. Drehmomentsensor nach einem der Ansprüche 13 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß das Abweichspannungserfassungsmittel umfaßt:

ein Erfassungsmittel (24) fallender maximaler Abweichspannung zum Erfassen des Maximalwerts (V_{DMAX-}) der Abweichungen zwischen den jeweiligen Übergangsansprechspannungen fallenden Impulses (V_{S1} , V_{S2}) über den zwei Bezugswiderständen (R_F , R_F);

ein Erfassungsmittel (25) steigender maximaler Abweichspannung zum Erfassen des Maximalwerts (V_{DMAX+}) der Abweichungen zwischen den jeweiligen Übergangsansprechspannungen steigenden Impulses (V_{S1} , V_{S2}) über den zwei Bezugswiderständen (R_F , R_F);

ein Abweichspannungsausgabemittel (26) zur Ausgabe einer Maximalwertabweichung (V_{D0}) des Ausgangs aus dem Erfassungsmittel fallender maximaler Abweichspannung (24) und des Ausgangs aus dem Erfassungsmittel steigender maximaler Abweichspannung (25); und

ein Hubgrößenwandlerrmittel (18) zum Wandeln der maximalen Abweichung (V_{D0}) in eine Hubgröße (X_0) (Fig. 11).

20. Drehmomentsensor nach einem der Ansprüche 13 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß das Abweichspannungserfassungsmittel umfaßt:

Minimalwerthalteschaltungen (32, 33) zum Halten der Minimalwerte der jeweiligen Übergangsansprechspannungen (V_{S1} , V_{S2}) über den zwei Bezugswiderständen (R_F , R_F) in der Brückenschaltung und zur Ausgabe von Minimalwertspannungen (V_{D1} , V_{D2}); und

eine Vergleichsschaltung (34) zum Berechnen und Wandeln der Abweichung der Minimalwertspannungen (V_{D1} , V_{D2}) in eine Hubgröße (X) (Fig. 12).

21. Lenkdrehmomentsensor, umfassend:

einen Kern (64), der aus seiner Neutralstellung in beide Längsrichtungen ($X1$, $X2$) verschiebbar ist;

zwei Detektorwicklungen (62A, 62B), die symmetrisch von der Neutralstellung in die beiden Verschiebungsrichtungen des Kerns (64) angeordnet

sind; wobei sich die Induktionen der Detektorwicklungen in Antwort auf Verschiebung des Kerns (64) unterschiedlich ändern;

zwei Bezugswiderstände (R_F , R_F), die jeweils mit einer der Detektorwicklung (65A, 65B) in Serie verbunden sind;

eine Brückenschaltung, die aus den zwei Bezugswiderständen (R_F , R_F) und den zwei Detektorwicklungen (65A, 65B) zusammengesetzt ist;

eine Impulsstromversorgung (15) in Anlage an der Brückenschaltung; und

ein Abweichspannungserfassungsmittel (16; 21; 31) zum Erfassen der Abweichspannung (V_D) zwischen den jeweiligen Übergangsansprechspannungen (V_{S1} , V_{S2}) über den zwei Bezugswiderständen (R_F , R_F) in der Brückenschaltung, eine Eingangswelle (66);

eine Ausgangswelle (67);

eine Torsionsstange (68) zum Koppeln der Eingangswelle (66) mit der Ausgangswelle (67); und

wobei der Kern (64) mit den Eingangs- und Ausgangswellen (66, 67) derart in Eingriff steht, daß er in Antwort auf ein an die Eingangswelle (66) angelegtes Lenkdrehmoment von der Neutralstellung in beide Längsrichtungen verschiebbar ist, wobei:

die Eingangswelle (66) mit einem Lenkrad verbunden ist und die Ausgangswelle (67) mit lenkbaren Rädern verbunden ist. (Fig. 15; 10, 11, 12).

22. Lenkdrehmomentsensor nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß der Kern aus nicht magnetischer Substanz gebildet ist.

23. Lenkdrehmomentsensor nach Anspruch 21 oder 22, dadurch gekennzeichnet, daß das Abweichspannungserfassungsmittel (16) den Maximalwert (V_{DM}) der Erfassungsspannungen aus der Brückenschaltung auf Basis der Erfassungsspannungen (V_D) und Impulsinformation (T_D , T_{DU}) aus der Impulsstromversorgung (15) erfaßt. (Fig. 10).

24. Lenkdrehmomentsensor nach einem der Ansprüche 21 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß das Abweichspannungserfassungsmittel umfaßt:

ein Betriebsmittel (17) maximaler Abweichspannung zum Finden des Maximalwerts (V_{DMAX-}) der Abweichungen (V_D) zwischen den jeweiligen Übergangsansprechspannungen (V_{S1} und V_{S2}) über den zwei Bezugswiderständen (R_F , R_F); und

ein Hubgrößenwandlerrmittel (18) zum Wandeln der maximalen Abweichspannung (V_{DMAX-}) in eine Hubgröße (X). (Fig. 10).

25. Lenkdrehmomentsensor nach einem der Ansprüche 21 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß eine (T_2) der steigenden und fallenden Impulsperiode (T_1 , T_2) länger als eine Zeitkonstante von Integralschaltungen in der Brückenschaltung gesetzt ist, und wobei der Lenkdrehmomentsensor umfaßt:

ein Abweichspannungsspeichermittel (16A) zum Speichern der erfaßten Spannung (V_D) zu jeder Abtastzeit und Ausgabe der gespeicherten Erfassungsspannungen (V_{DM});

ein Betriebsmittel maximaler Abweichspannung (17) zum Vergleichen jeder der gespeicherten Erfassungsspannungen (V_{DM}) zur Ausgabe einer maximalen Abweichspannung (V_{DMAX-}); und

ein Hubgrößenwandlerrmittel (18) zum Wandeln der maximalen Abweichspannung (V_{DMAX-}) in eine Hubgröße (X). (Fig. 8, 10).

26. Lenkdrehmomentsensor nach einem der Ansprüche 21 bis 25, dadurch gekennzeichnet:

daß eine (T_2) der steigenden und fallenden Impulsperioden (T_1 , T_2) länger als eine Zeitkonstante von Integralschaltungen in der Brückenschaltung gesetzt ist und die andere (T_1) der steigenden und fallenden Impulsperioden kürzer als die Zeitkonstante der Integralschaltungen in der Brückenschaltung gesetzt ist, und wobei der Lenkdrehmomentsensor umfaßt:
 ein Abweichspannungserfassungsmittel (16A) zum Speichern der Erfassungsspannung (V_D) zu jeder Abtastzeit und zur Ausgabe der erfaßten Spannungen (V_{DM});
 ein Betriebsmittel (17) maximaler Abweichspannung zum Vergleich der von dem Abweichspannungsspeichermittel (16A) ausgegebenen erfaßten Spannungen (V_{DM}) und zur Ausgabe der maximalen Abweichspannung (V_{DMAX-}); und
 ein Hubgrößenwandlermittel (18) zum Wandeln der maximalen Abweichspannung (V_{DMAX-}), die von dem Betriebsmittel (17) maximaler Abweichspannung ausgegeben ist, in eine entsprechende Hubgröße (X). (Fig. 10).
 27. Lenkdrehmomentsensor nach einem der Ansprüche 21 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß das Abweichspannungserfassungsmittel umfaßt:
 ein Erfassungsmittel (24) fallender maximaler Abweichspannung zum Erfassen des Maximalwerts (V_{DMAX-}) der Abweichungen zwischen den jeweiligen Übergangsansprechspannungen fallenden Impulses (V_{S1} , V_{S2}) über den zwei Bezugswiderständen (R_F , R_F);
 ein Erfassungsmittel (25) steigender maximaler Abweichspannung zum Erfassen des Maximalwerts (V_{DMAX+}) der Abweichungen zwischen den jeweiligen Übergangsansprechspannungen steigenden Impulses (V_{S1} , V_{S2}) über den zwei Bezugswiderständen (R_F , R_F);
 ein Abweichspannungsausgabemittel (26) zur Ausgabe einer Maximalwertabweichung (V_{D0}) des Ausgangs aus dem Erfassungsmittel fallender maximaler Abweichspannung (24) und des Ausgangs aus dem Erfassungsmittel steigender maximaler Abweichspannung (25); und
 ein Hubgrößenwandlermittel (18) zum Wandeln der maximalen Abweichung (V_{D0}) in eine Hubgröße (X_0) (Fig. 11).
 28. Lenkdrehmomentsensor nach einem der Ansprüche 21 bis 27, dadurch gekennzeichnet, daß das Abweichspannungserfassungsmittel umfaßt:
 Minimalwerthalteschaltungen (32, 33) zum Halten der Minimalwerte der jeweiligen Übergangsansprechspannungen (V_{S1} , V_{S2}) über den zwei Bezugswiderständen (R_F , R_F) in der Brückenschaltung und zur Ausgabe von Minimalwertspannungen (V_{D1} , V_{D2}); und
 eine Vergleichsschaltung (34) zum Berechnen und Wandeln der Abweichung der Minimalwertspannungen (V_{D1} , V_{D2}) in eine Hubgröße (X). (Fig. 12).
 29. Lenkdrehmomentsensor nach einem der Ansprüche 21 bis 28, dadurch gekennzeichnet, daß die Eingangs- und Ausgangswellen (66, 67) nur aus magnetischen Materialien gebildet sind; und daß der Kern (64) aus nur nicht magnetischen Metallmaterialien gebildet ist.
 30. Drehmomentsensor nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der Brückenschaltung und jeder der zwei Minimalwerthalteschaltungen (48A, 48B) ein Tiefpaßfilter (47A, 47B) vorgesehen

hen ist. (Fig. 13).

31. Lenkdrehmomentsensor nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der Brückenschaltung und jeder der zwei Minimalwerthalteschaltungen (48A, 48B) ein Tiefpaßfilter (47A, 47B) vorgesehen ist. (Fig. 13).

32. Drehmomentsensor nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Vergleichsschaltung umfaßt:

eine Differenzverstärkerschaltung (49) zur differentiellen Verstärkung von Ausgängen aus den zwei Minimalwerthalteschaltungen (48A, 48B); und einen Invertierverstärker (50) zum Invertieren des Ausgangs aus der Differenzverstärkerschaltung (49) in eine positive Spannung (V_T). (Fig. 13).

33. Lenkdrehmomentsensor nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, daß die Vergleichsschaltung umfaßt:

eine Differenzverstärkerschaltung (49) zur differentiellen Verstärkung von Ausgängen aus den zwei Minimalwerthalteschaltungen (48A, 48B); und einen Invertierverstärker (50) zum Invertieren des Ausgangs aus der Differenzverstärkerschaltung (49) in eine positive Spannung (V_T). (Fig. 13).

Hierzu 13 Seite(n) Zeichnungen

Fig.1

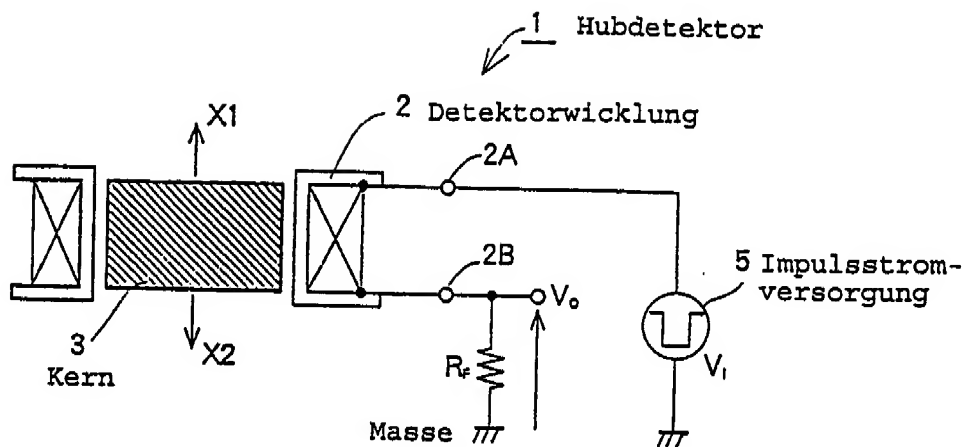


Fig.2

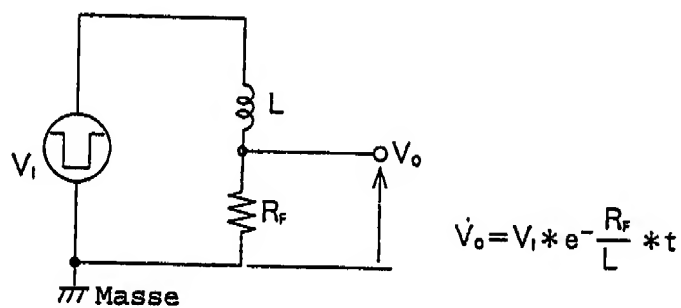
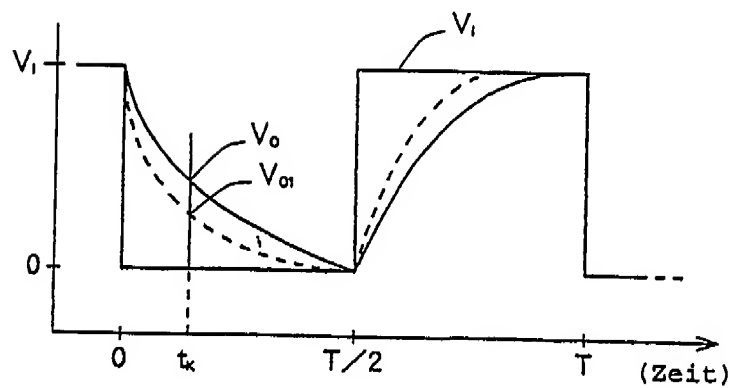


Fig.3



608 050/620

Fig.4

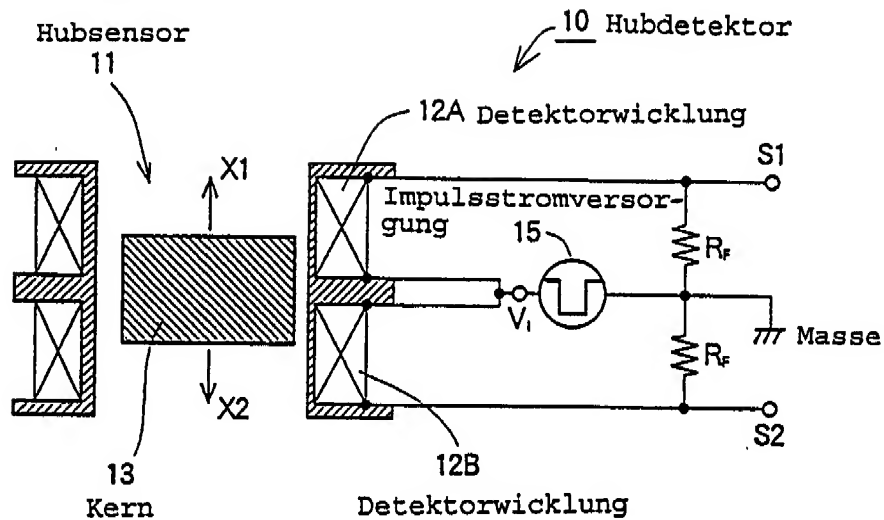


Fig.5

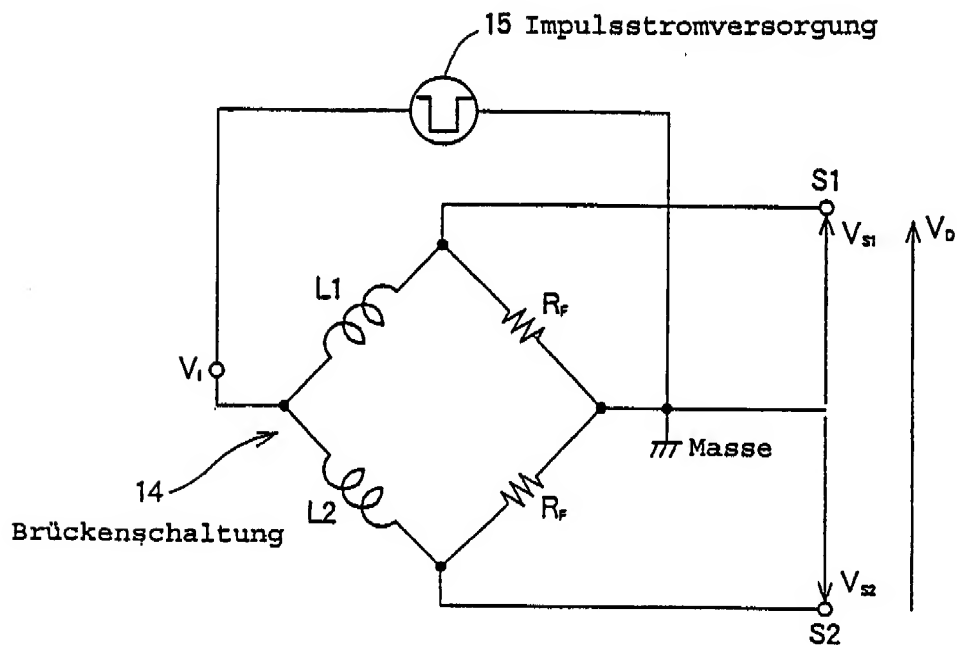
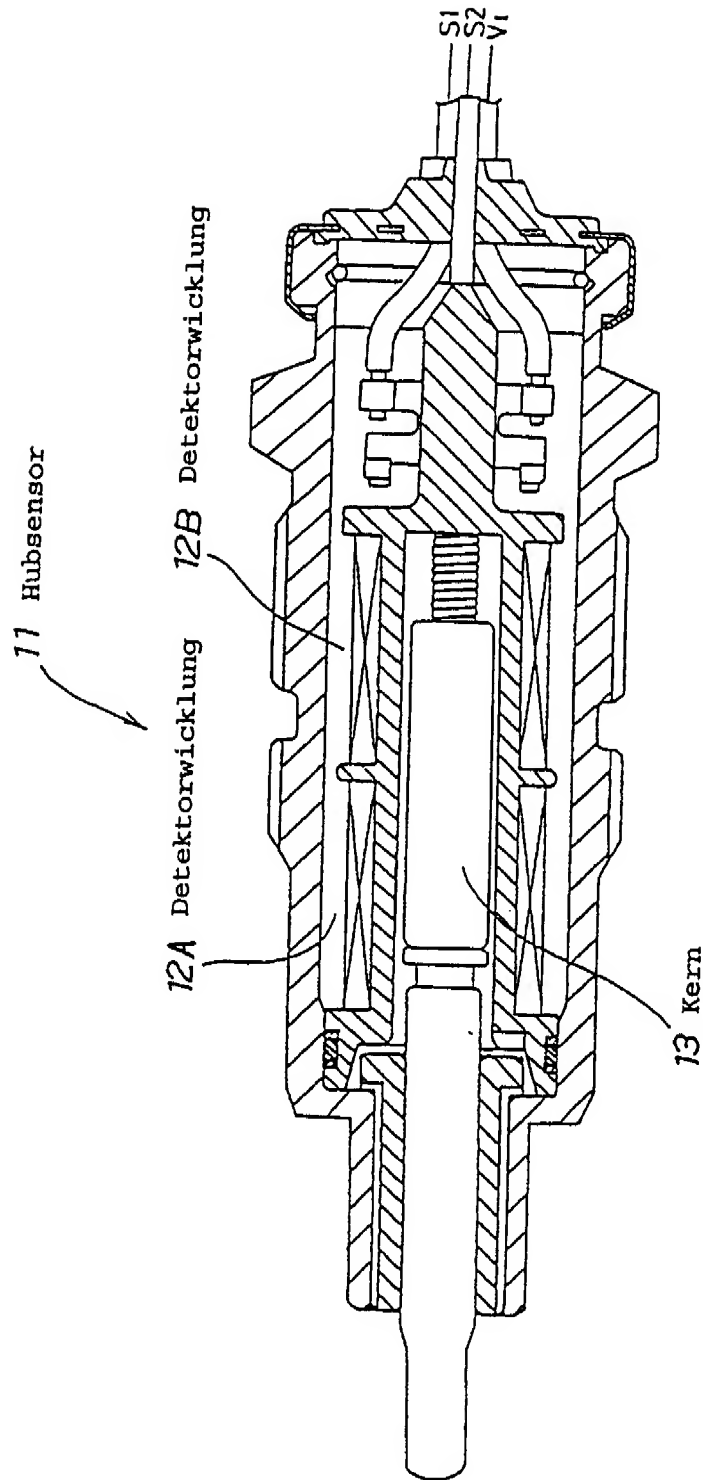


FIG. 6



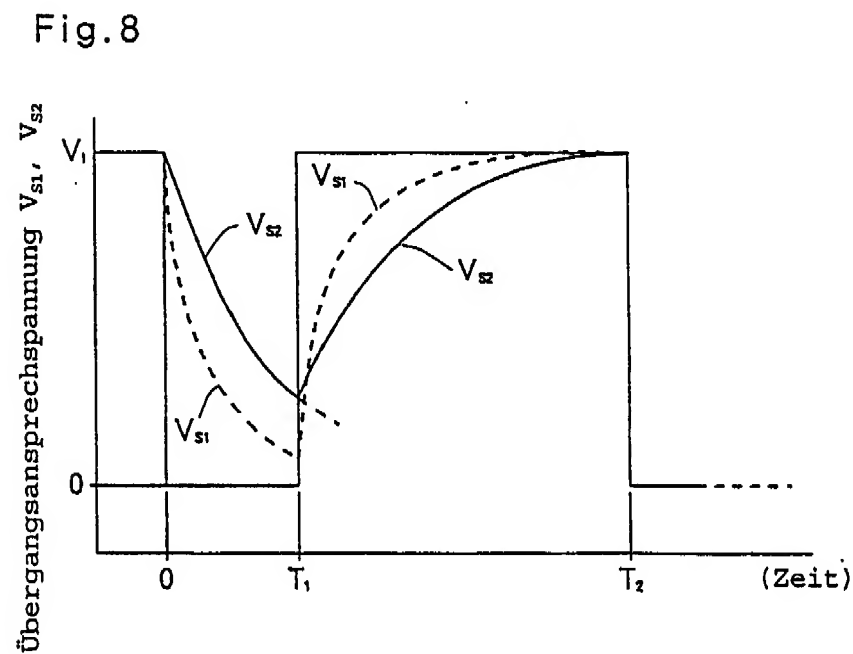
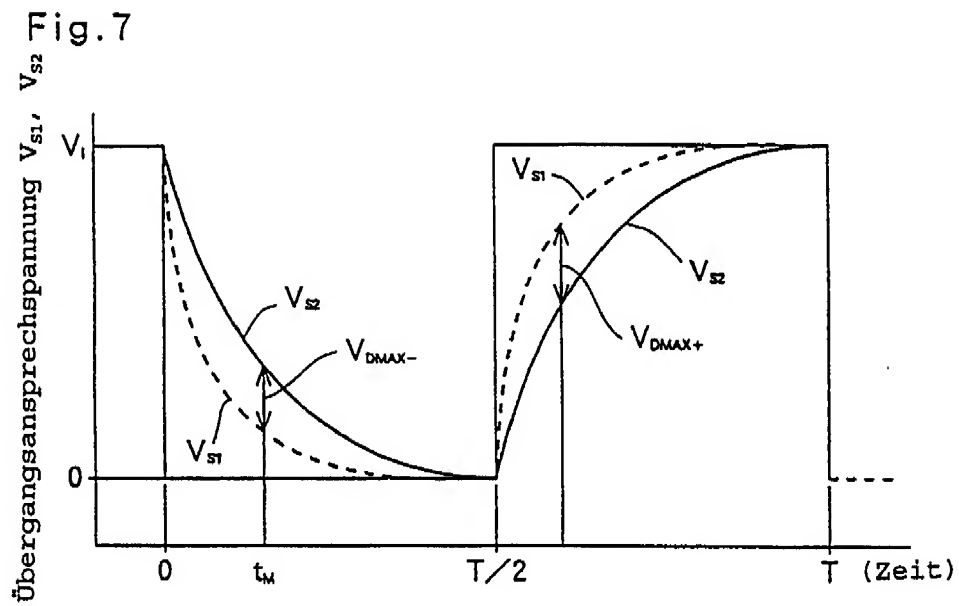


Fig. 9

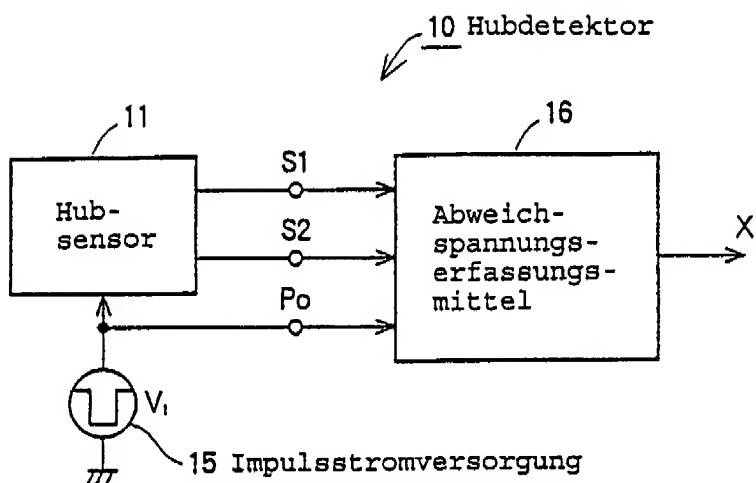


Fig. 10

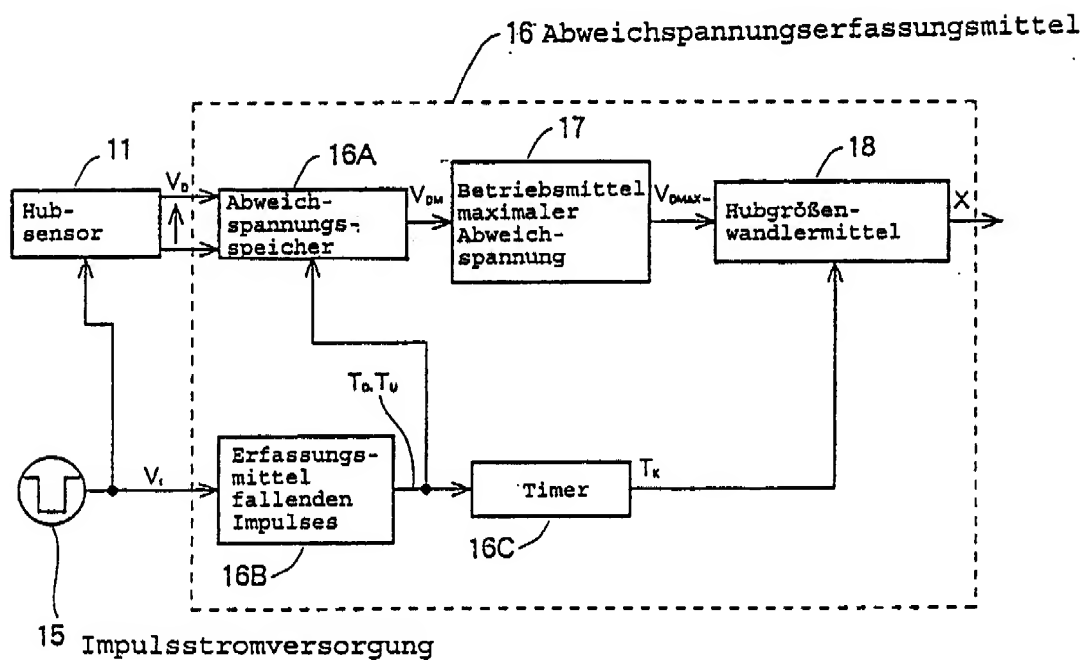


Fig.11

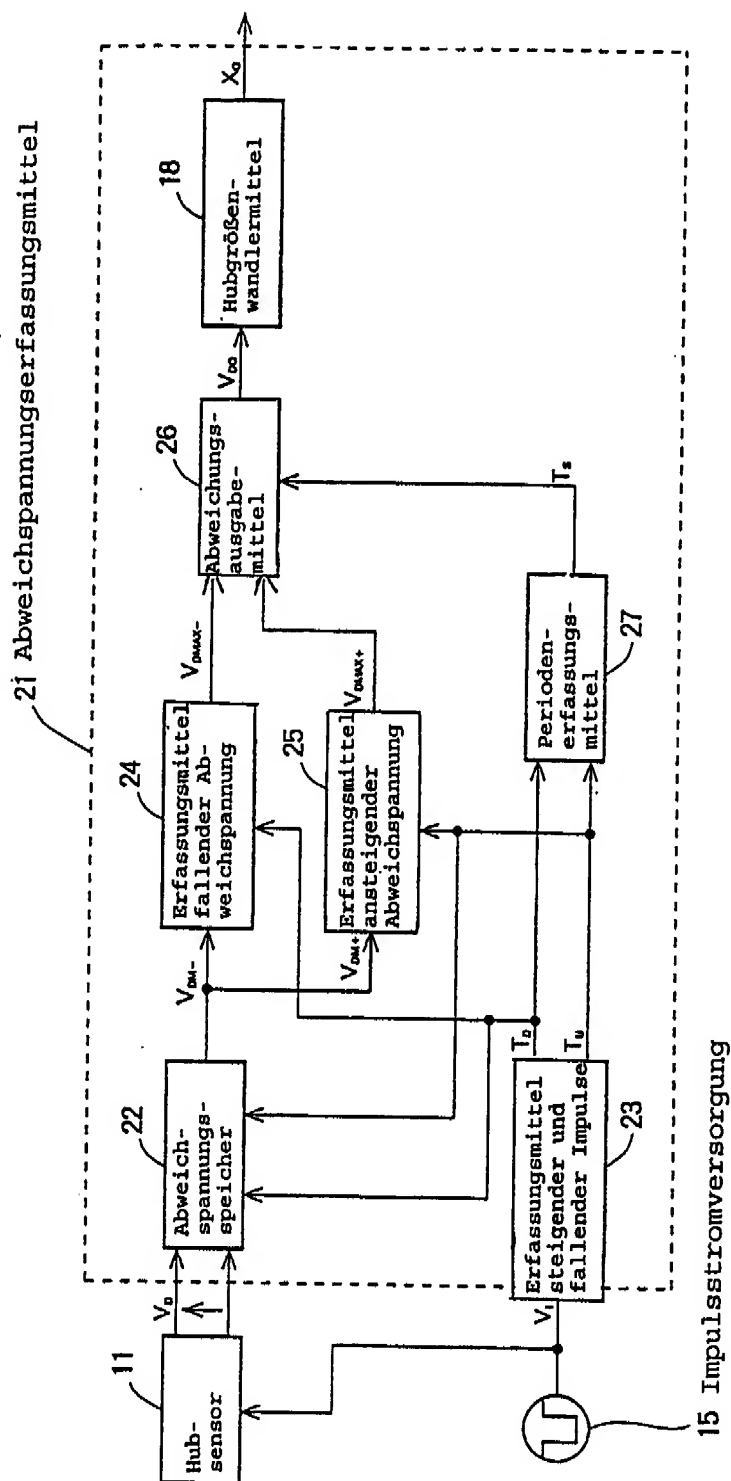


Fig.12

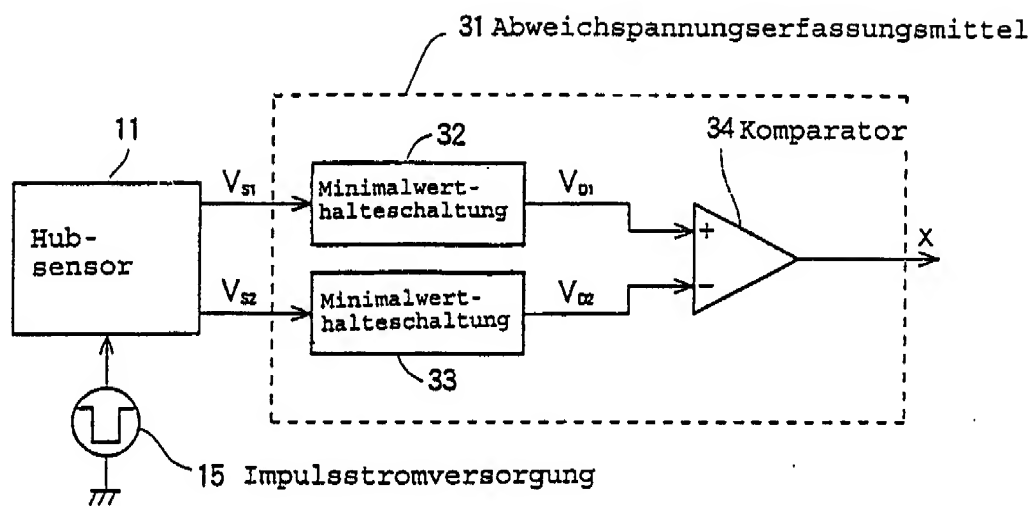
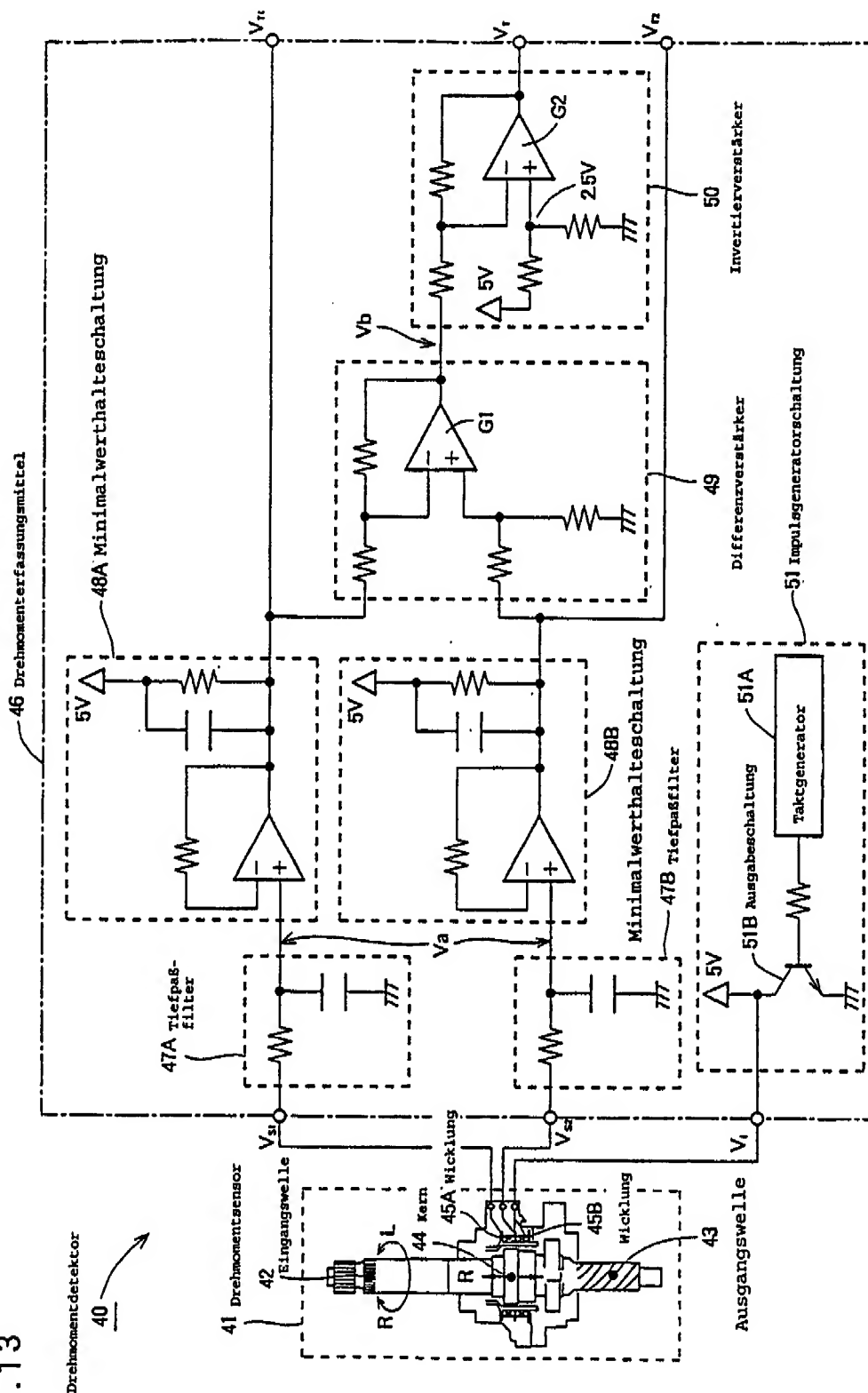


Fig. 13



508 050/520

FIG.14

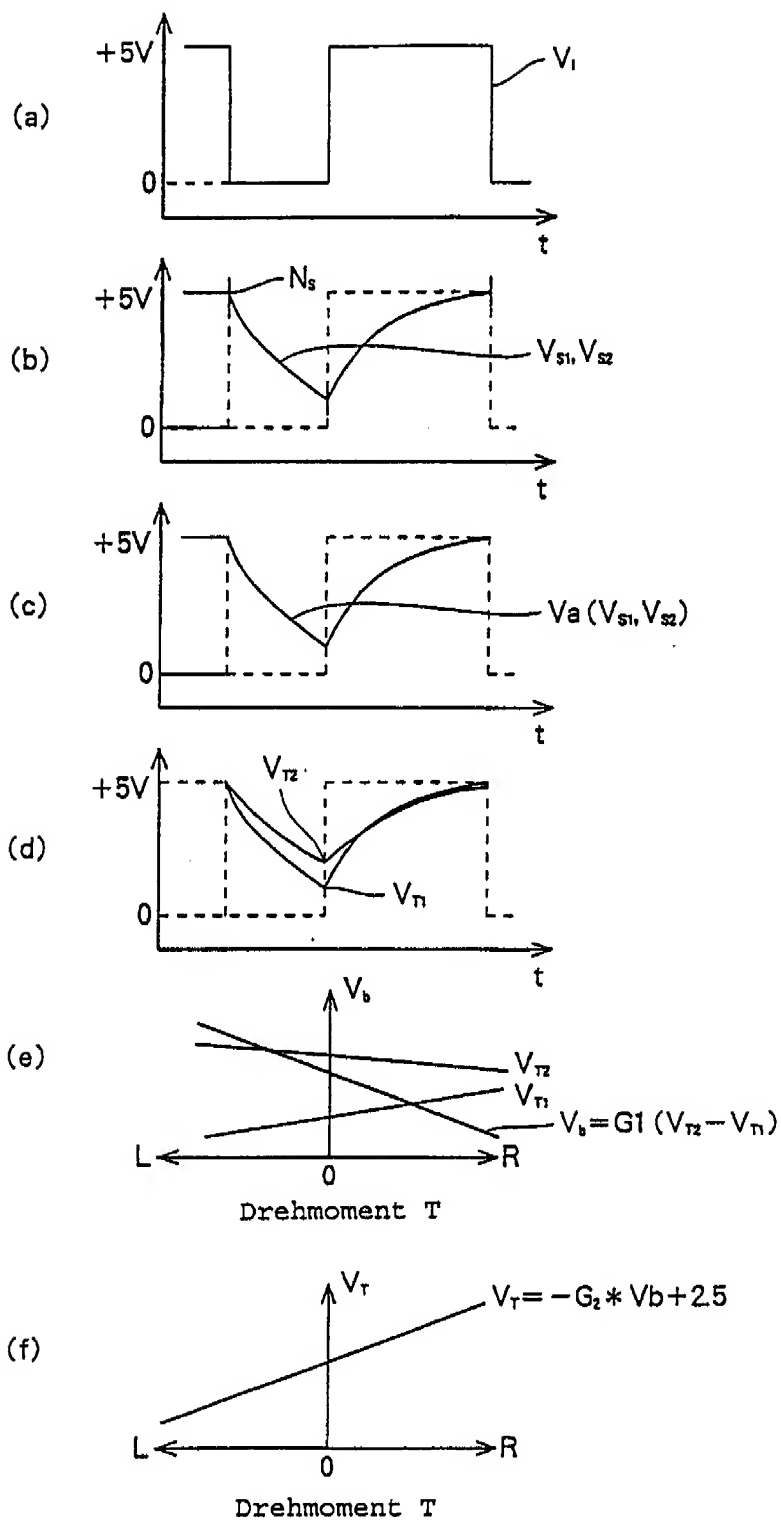
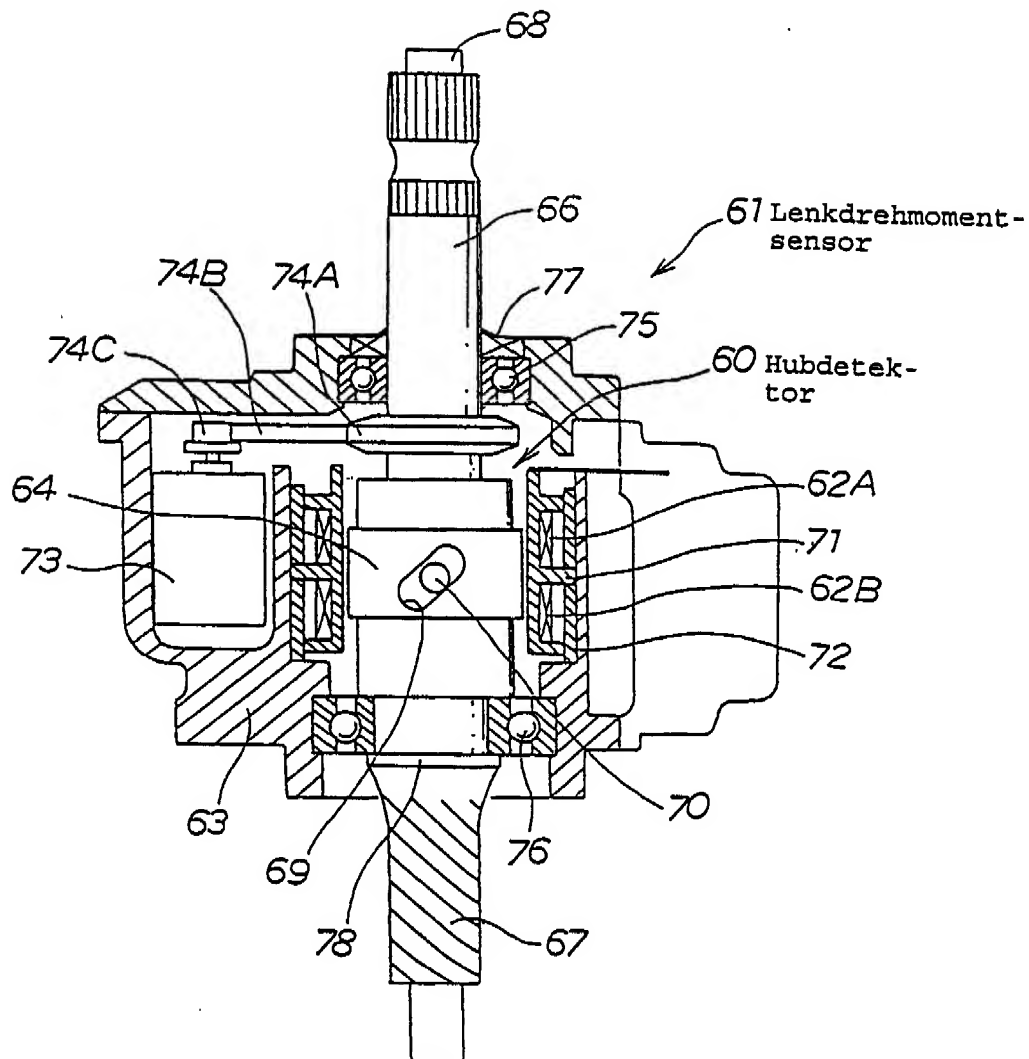


FIG. 15



508 050/520

FIG. 16

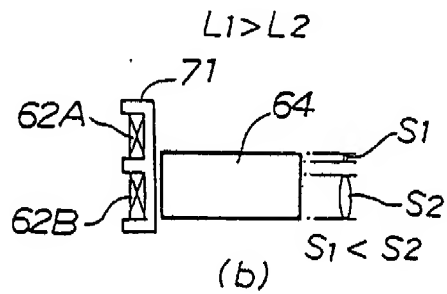
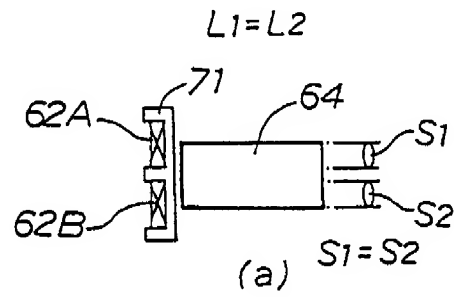


FIG.17

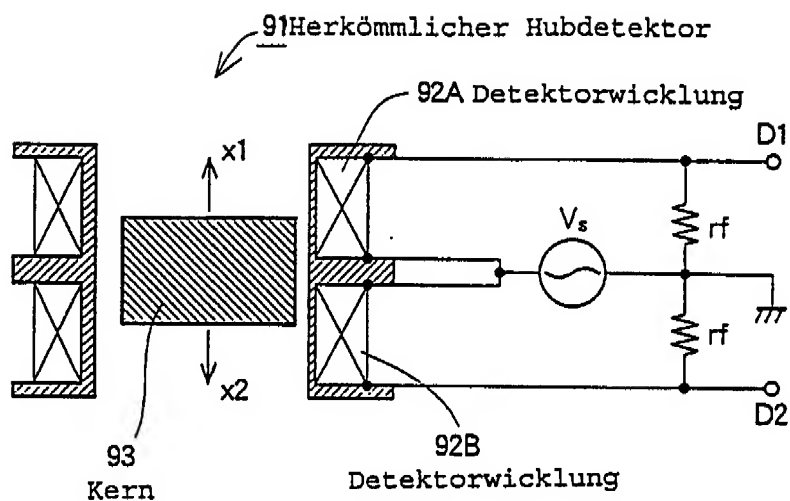


FIG.18

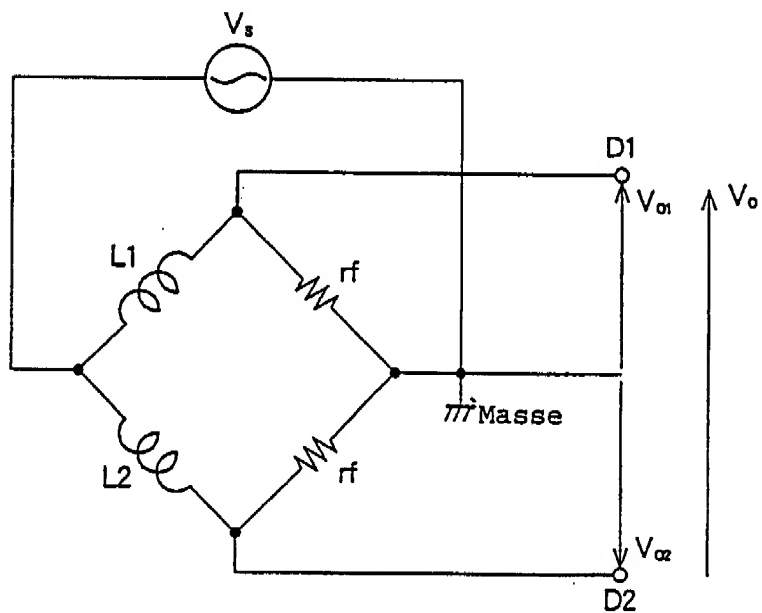


FIG. 19

